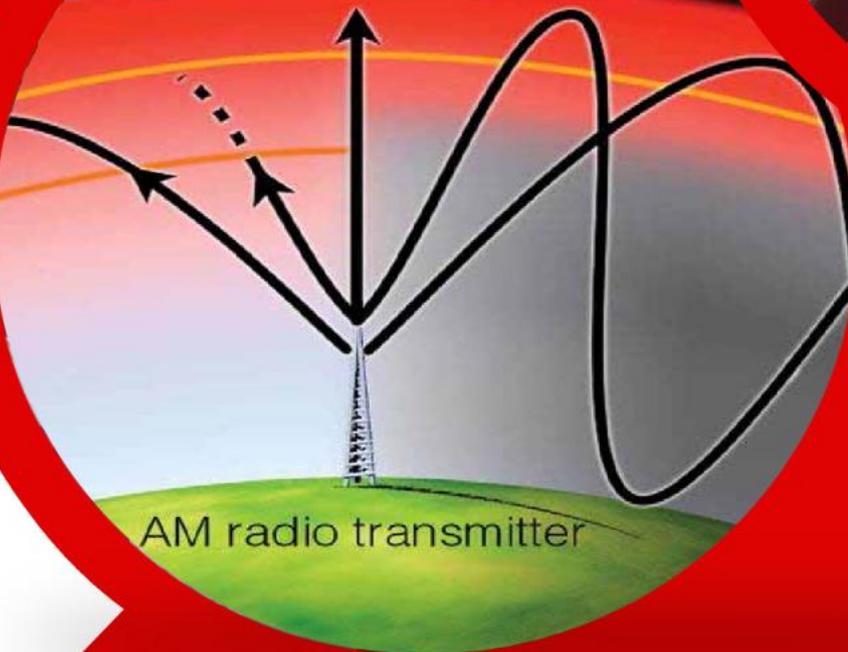
Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2013

PEREKAYASAAN SISTEM RADIO DAN TELEVISI

Teknik Elektronika Komunikasi

AM radio transmitter

1

UNTUK SMK / MAK KELAS XI

Penulis : Nurhadi B.S
Editor Materi : Rugianto
Editor Bahasa :
Ilustrasi Sampul :
Desain & Ilustrasi Buku : PPPPTK BOE Malang

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id, Laman: www.vedcmalang.com

DISKLAIMER (*DISCLAIMER*)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku teks ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.
Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.
Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.
Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Teknik Transmisi Telekomunikasi, Edisi Pertama 2014
Kementerian Pendidikan & Kebudayaan
Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, th. 2014: Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Teknologi Informasi dan Komunikasi.

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.

Buku teks ″Perekayasaan Sistem Radio dan TV″ ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran ″ Perekayasaan Sistem Radio dan TV ″ ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan scientifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks siswa untuk Mata Pelajaran Perekayasaan Sistem Radio dan TV kelas XI/Semester 1 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013

Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA

Daftar Isi

PETA KEDUDUKAN MODUL

BIDANG STUDI KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA

PROGRAM STUDI KEAHLIAN : TEKNIK ELEKTRONIKA

PAKET KEAHLIAN : 1. TEKNIK ELEKTRONIKA AUDIO VIDEO (057)

2. TEKNIK ELEKTRONIKA INDUSTRI (058)

3. TEKNIK MEKATRONIKA INDUSTRI (060)

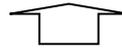
4. TEKNIK MEKATRONIKA OTOMOTIF (061)

5. **TEKNIK ELEKTRONIKA KOMUNIKASI (059)**

Kelas XI Semester Ganjil Materi Ajar : Perekayasaan Sistem Antena							
Penerapan Rangkaian Elektronika	Perekayasaan Sistem Audio	Perekayasaan Sistem Radio & Televisi	Perekayasaan Sistem Antena	Perencanaan Sistem Komunikasi	Perencanaan & Instalasi Sistem Pemancar	Instalasi Antena Pemancar & Penerima	Peralatan Elektronika
Kelas XI				Kelas XII			
C3:Teknik Elektronika Komunikasi							

Teknik Kerja Bengkel	Teknik Listrik	Teknik Elektronika	Teknik Microprosessor	Teknik Pemrograman	Simulasi Digital
Kelas X					
C2.Dasar Kompetensi Kejuruan					

Fisika	Kimia	Gambar Teknik
Kelas X, XI		
C1. Dasar Bidang Kejuruan		
KELOMPOK C (Kejuruan)		

Seni Budaya (termasuk muatan lokal)	Prakarya dan Kewirausahaan	Pendidikan Jasmani, Olah Raga dan Kesehatan
Kelas X, XI, XI		
KELOMPOK B (WAJIB)		

Pendidikan Agama dan Budi Pekerti	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan	Bahasa Indonesia	Matematika	Sejarah Indonesia	Bahasa Inggris
Kelas X, XI, XI					
KELOMPOK A (WAJIB)					

GLOSARIUM

Fading : Pertemuan pantulan gelombang radio

Directivity : Sudut pengarahan antena

Radiator isotropis : Referensi untuk menyatakan sifat kearahan antena

Gain : Suatu penguatan

Bit stream : proses penumpangan sinyal digital ke dalam sinyal pembawa

Amplitudo Shift Keying : Proses pemodulasian dengan cara menggeser Amplitudo sinyal

Frekuensi Shift Keying : Proses pemodulasian dengan cara menggeser Frekuensi

Phase Shift Keying : Proses pemodulasian dengan cara menggeser Phasa.

Envelope detector : Rangkaian deteksi sampul

Digital Enhanced Cordless Telecommunications : Standar komunikasi digital digunakan untuk membuat system telepon tanpa kabel

Advance MobIle Phone Service : Teknologi mobile telephon generasi pertama yang masih menggunakan system analog.

Radio Eropa Messaging System : sistem radio paging Eropa.

Land Mobile Radio System : Suatu sistem komunikasi nirkabel untuk digunakan oleh pengguna kendaraan darat

Differensial Phase Shift Keying : Bentuk umum modulasi fasa untuk mengirimkan data dengan mengubah fasa dari gelombang pembawa

Phase Locked Loop : Pembangkit sinyal dengan pengunci phasa

Band Pass Filter : Penyaring pelolos band

Frequency-Division Multiple Access : Pengiriman sinyal untuk berdampingan pada waktu dan ruang tanpa saling mengganggu.

Guard band : Pemisah bidang frekuensi

Adjacent channel : Interferensi antar kanal yang berdekatan

carrier signal : Sinyal pembawa informasi

Frequency Division Multiple Access : Pembagian spektrum gelombang dalam beberapa kanal frekuensi

Time Division Multiple Access : Teknologi transmisi digital yang mengalokasikan slot waktu yang unik untuk setiap pengguna

Global System for Mobile : Generasi kedua dari standar sistem seluler

digital modulation : Pemodulasian secara digital

Code division Multiple Access : Penggunaan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan sandi unik

Time Hopping Spread Spectrum : Pengiriman sinyal pembawa informasi tidak kontinyu

image rejection ratio : Kemampuan penerima radio menolak frekuensi bayangan

Pulse Code Modulation : Proses penumpangan informasi kode pulsa ke sinyal pembawa

Pulse Amplitude Modulation : Sistem pengambilan sinyal *sample* yang sempit

Pulse Code Modulation : perubahan data biner paralel ke dalam data biner seri yang selalu bergeser secara deret

Pulse Width Modulation : Sistem modulasi lebar pulsa

Pulsa Phase Modulasi : sistem pemrosesan sinyal analog ke dalam pulsa-pulsa digital yang beda *phase*-nya berubah sesuai dengan amplitudo sinyal masukan

Parasitic effects : Sifat resistor yang berubah menjadi kapasitif atau induktif saat kena RF

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku teks ini membahas tentang sistem penerima Radio yang berisi tentang konsep-konsep penerima Radio. Pembahasan dimulai dari sejarah ditemukannya Radio, standar Radio yang diberlakukan, bagian-bagian penerima Radio yang dibahas secara konseptual yang mendasarkan teori berisi tentang prinsip-prinsip dasar. Dewasa ini, rangkaian penerima Radio sudah dibuat sangat kompak dan integrated, namun dengan memahami prinsip dasar teknik penerima Radio diharapkan siswa mampu membangun sikap dan ketrampilan sesuai dengan tuntutan dunia kerja.

B. Prasyarat

Untuk memahami buku teks ini siswa disyaratkan sudah memahami mata-mata pelajaran sebagai berkut:

1). Teknik Elektronika
2). Teknik Pengukuram
3). Matematika
4). Fisika
5). Agama
6). Kewarganegaraan

C. Petunjuk Penggunaan

Buku teks ini bisa dibakai sebagai bahan bacaan di rumah, maupun pada saat pelatihan bsgi guru Kelas XI , SMK.

D. Tujuan Akhir

Setelah membaca buku teks ini diharpan siswa memahami sejarah televisi, agar pada diri siswa mampu menanamkan sikap spiritual maupun sikap sosial, pengetahuan teknik penerima televisi warna.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI (KI) DAN KOMPETENSI DASAR (KD)
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)

BIDANG STUDI KEAHLIAN : TEKNOLOGI & REKAYASA
PROGRAM STUDI KEAHLIAN : TEKNIK ELEKTRONIKA
PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ELEKTRONIKA KOMUNIKASI
MATA PELAJARAN :PEREKAYASAAN SISTEM RADIO & TELEVISI
KELAS :XI

SEMESTER : GANJIL

KOMPETENSI INTI (KI)	KOMPETENSI DASAR (KD)
KI-1 (RELIGIUS)	
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1. Membangun kebiasaan bersyukur atas limpahan rahmat, karunia dan anugerah yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Kuasa. 1.2. Memilikisikap dan perilaku beriman dan bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlaq mulia, jujur, disiplin, sehat, berilmu, cakap, sehinggadihasilkan insan Indonesia yang demokratis dan bertanggung jawab sesuai dengan bidang keilmuannya. 1.3. Memiliki sikap saling menghargai (toleran) keberagaman agama, bangsa,suku, ras, dan golongan sosial ekonomi dalam lingkup global
KI-2 (SOSIAL)	
2. Menghayati dan Mengamalkan	2.1. Menerapkan perilaku ilmiah (memiliki

perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; bertanggung jawab; terbuka; peduli lingkungan) sebagai wujud implementasi proses pembelajaran bermakna dan terintegrasi, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang produktif, kreatif dan inovatifmelalui penguatan sikap (tahu mengapa), keterampilan (tahu bagaimana), dan pengetahuan (tahu apa) sesuai dengan jenjang pengetahuan yang dipelajarinya. 2.2. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan 2.3. Memiliki sikap dan perilaku patuh pada tata tertib dan aturan yang berlaku dalam kehidupan sehari-hari selama di kelas, lingkungan sekolah.
KI-3 (PENGETAHUAN)	
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan,kenegaraan, dan peradaban,terkait penyebab	3.1. Menerapkan rangkaian frekuensi radio 3.2. Menerapkan teknologi pemrosesan dan pemodulasian sinyal gambar 3.3. Memahami definisi televisi standar-*standard definition television(SDTV)* 3.4. Mendeskripsikan *High Devinition Television (HDTV)* 3.5. Menerapkan Penerima Satelit pada sistem penerima TV digital

fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	
KI-4 (KETRAMPILAN)	
4. Mengolah, menalar dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1. Menguji sistem penerima dan pemancar radio analog 4.2. Menguji pemrosesan sinyal video sistem penerima televisi analog 4.3. Mendiagramkan standard definition television 4.4. Menggunakan penerima TV High Definition Television Menggunakan sistem penerima satelit

1.1 KEGIATAN BELAJAR 1

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

1. Menginterprestasikan karakteristik gelombang frekuensi radio dan propagasi sinyal radio.

B. MATERI

Pengertian Getaran dan Gelombang

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. **Gelombang** adalah suatu getaran yang merambat, selama perambatannya gelombang membawa energi. Pada gelombang, materi yang merambat memerlukan medium, tetapi medium tidak ikut berpindah.

Jenis-jenis Gelombang

Walaupun terdapat banyak contoh gelombang dalam kehidupan kita, secara umum hanya terdapat dua jenis gelombang saja, yakni ***gelombang mekanik*** dan

gelombang elektromagnetik. Pembagian jenis gelombang ini didasarkan pada medium perambatan gelombang.
Contoh dari gelombang elektromagnetik adalah gelombang radio.

Propagasi

Apabila kita berbicara tentang propagasi maka kita menyentuh pengetahuan yang berhubungan dengan pancaran gelombang radio. Seperti kita ketahui bahwa apabila kita transmit, pesawat kita memancarkan gelombang radio yang ditumpangi oleh audio kita. Gelombang radio tadi diterima oleh receiver lawan bicara kita dan oleh receiver itu gelombang radionya dihilangkan dan audio kita ditampung lewat speaker.

Gelombang radio yang dipancarkan tadi berupa gelombang elektromagnetik bergerak menuruti garis lurus. Gelombang radio mempunyai sifat seperti cahaya, ia dapat dipantulkan, dibiaskan, direfraksi dan dipolarisasikan. Kecepatan rambatanya sama dengan kecepatan sinar ialah 300.000 km tiap detik. Dapat kita bayangkan bila gelombang radio bisa mengelilingi dunia, maka dalam satu detik bisa keliling dunia 7 kali.

Kita ketahui bahwa dunia kita berbentuk bulat seperti bola, akan tetapi pancaran gelombang radio high frequency dari Indonesia bisa sampai di Amerika Serikat yang terletak dibalik bumi sebelah sana, padahal ia bergerak menuruti garis lurus. Phenomena alam seperti tersebut tadi dapat dijelaskan sebagai uraian di bawah ini.

Di angkasa luar, ialah di luar lapisan atmosphere bumi terdapat lapisan yang dinamakan ionosphere. Ionosphere adalah suatu lapisan gas yang terionisasi sehingga mempunyai muatan listrik, lapisan ini berbentuk kulit bola raksasa yang menyelimuti bumi. Lapisan ini dapat berpengaruh kepada jalannya gelombang radio.

Pengaruh-pengaruh penting dari ionosphere terhadap gelombang radio adalah bahwa lapisan ini mempunyai kemampuan untuk membiaskan dan memantulkan gelombang radio. Kapan gelombang radio itu dipantulkan dan kapan gelombang radio dibiaskan atau dibelokkan tergantung kepada frekuensinya dan sudut datang gelombang radio terhadap ionosphere.

Frekuensi gelombang radio yang mungkin dapat dipantulkan kembali adalah frekuensi yang berada pada range *Medium Frequency* (MF) dan *High*

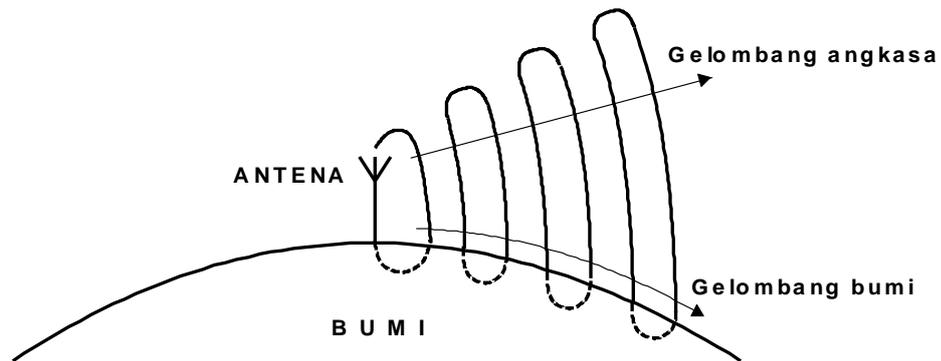
Frequency (HF). Adapun gelombang radio pada *Very High Frequency* (VHF) dan *Ultra High Frequency* (UHF) atau yang lebih tinggi, secara praktis dapat dikatakan tidak dipantulkan oleh ionosphere akan tetapi hanya sedikit dibiaskan dan terus laju menghilang ke angkasa luar. Gelombang radio yang menghilang ke angkasa luar tadi dalam istilah propagasi dikatakan SKIP.

PEMBAGIAN BAND FREKUENSI RADIO

Tabel 1.1

Very Low Frequency	VLF	3 - 30 KHZ
Low Frequency	LF	30 - 300 KHz
Medium Frequency	MF	300 - 3.000 KHz
High Frequency	HF	3 - 30 MHz
Very High Frequency	VHF	30 - 300 MHz
Ultra High Frequency	UHF	300 - 3.000 MHz
Super High Frequency	SHF	3 - 30 GHz
Extremely High Frequency	EHF	30 - 300 GHz

Perambatan Gelombang

Pada gambar 1.1. dapat dilihat sebuah antena yang memancarkan gelombang radio pancaran gelombang radio ini menyebar kesegala penjuru secara merata untuk antena vertikal sebagian gelombang yang bergerak pada permukaan bumi disebut GELOMBANG BUMI, selain dari pada itu disebut GELOMBANG ANGKASA.

Gambar 1.1. Perambatan Gelombang

Jangkauan perambatan gelombang.

Kerugian pada permukaan bumi dengan naiknya frekuensi akan semakin BESAR. Gelombang bumi dapat merambat dalam daerah gelombang panjang sampai 1000 km, dalam daerah gelombang menengah hanya sampai 300 Km dan dalam daerah gelombang pendek sampai 100 km. gelombang angkasa merambat secara GARIS LURUS, berhubung dengan itu angkasa tidak bisa mengikuti permukaan bumi kita.

Berikut adalah tabel daerah frekuensi kerja, redaman, jangkauan, pantulan dan jenis gelombang yang dipakai untuk berkomunikasi.

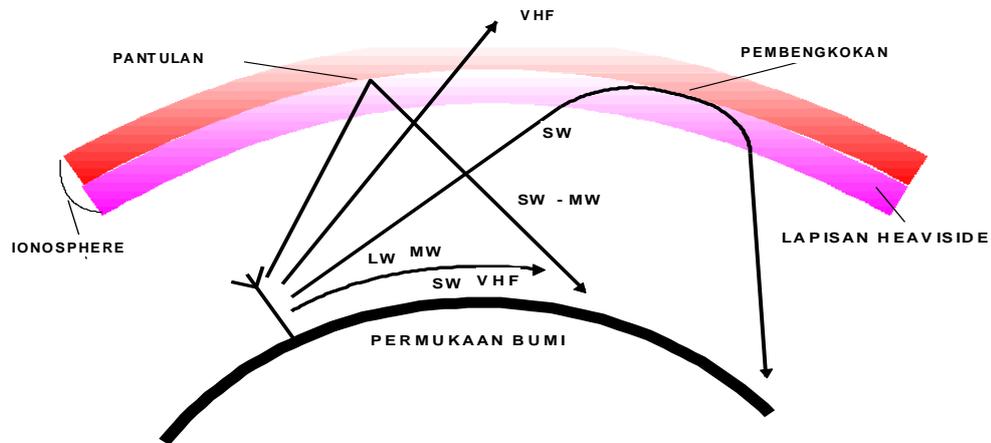
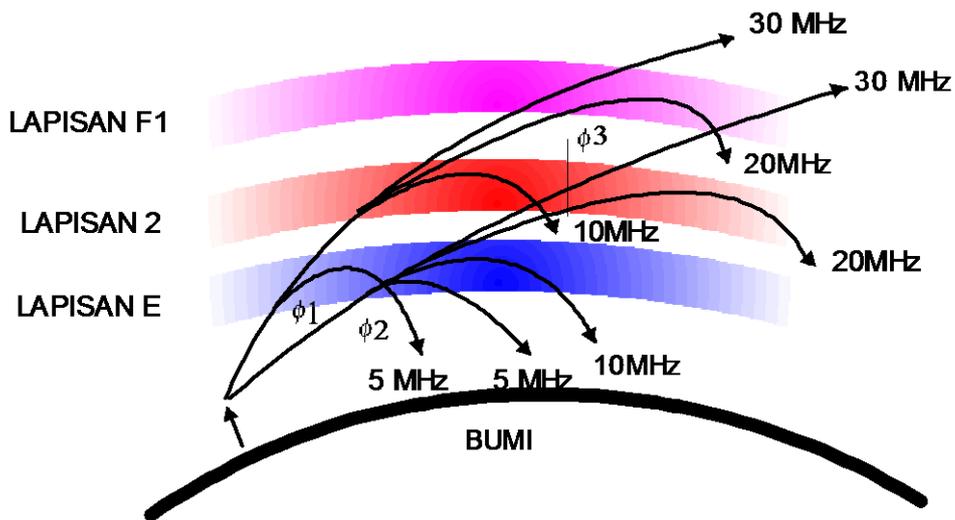
Tabel 1.2

Daerah	Gelombang bumi		Gelombang Angkasa		Jenis gelombang yang dipakai
	Redaman	Jangkauan	Redaman	Pantulan	
LW	Sedikit	≈ 100 km	sangat kuat	-	Gelombang bumi
MW	Kuat	≈ 300 km	kuat	Sangat kuat	Gelombang bumi dan angkasa
SW	Sangat kuat	≈ 100 km	Sedikit	Kuat	Gelombang angkasa
VHF UHF	Seluruhnya	≈ 100 km	Sangat sedikit	Kadang kadang	Gelombang angkasa

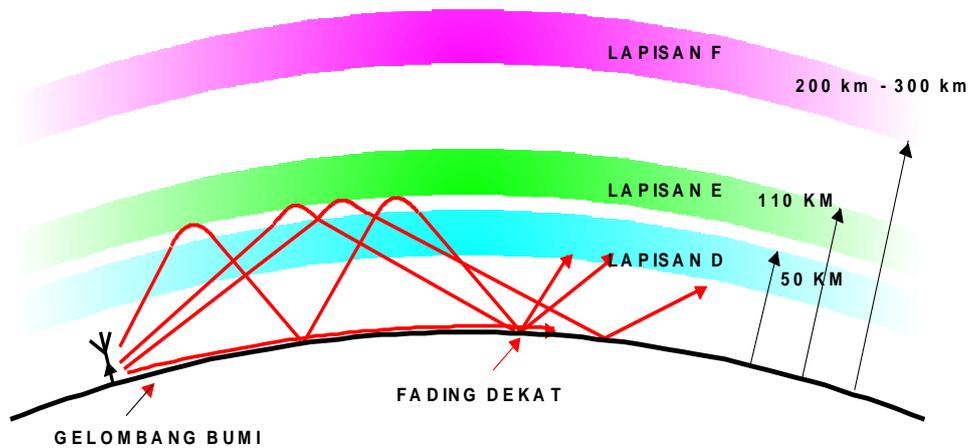
Pantulan oleh Ionosphere

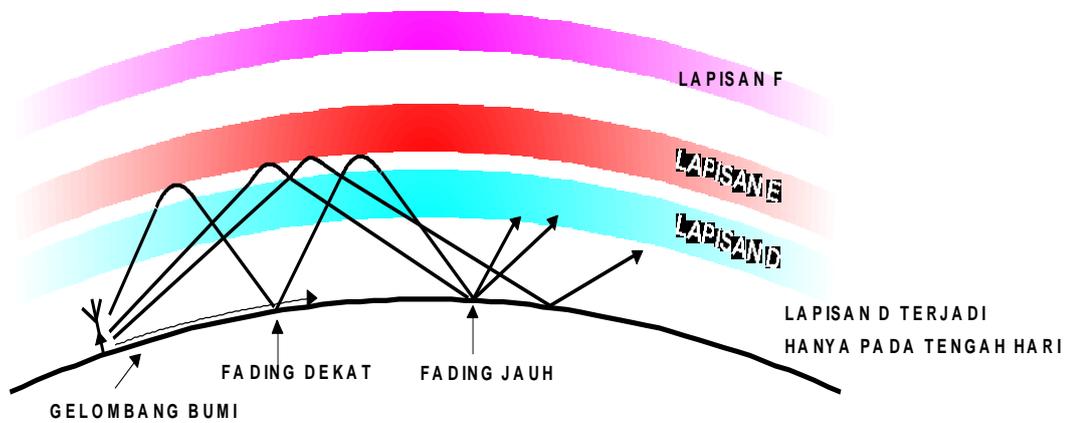
Pada daerah frekuensi sebagian dari gelombang angkasa kembali ke permukaan bumi. Mereka dipantulkan oleh lapisan udara yang terhampar diketinggian 50 km sampai 300 km. Lapisan udara pemantul ini disebut ionosphere. Lapisan udara yang terionisasi kuat dinamakan lapisan heaviside.

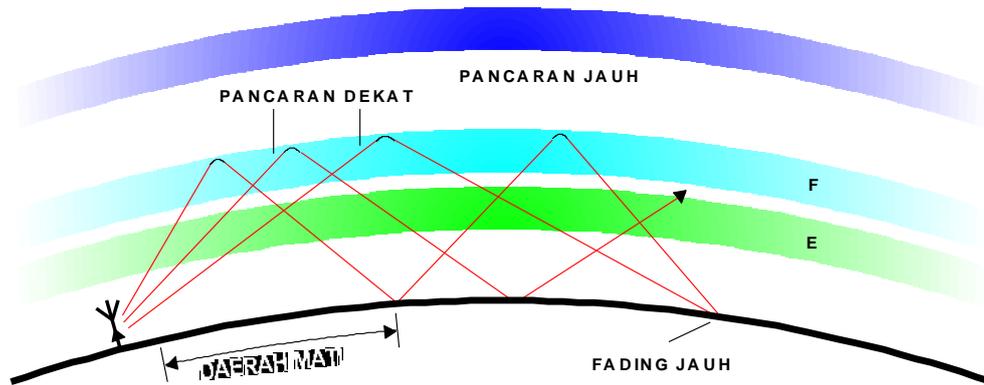
Daya pantul lapisan heaviside bergantung pada frekuensi pada suatu tempat penerimaan dapat diterima gelombang bumi dan angkasa bersama, gelombang angkasa datang lebih akhir, sehingga terdapat PERGESERAN FASA. Ini akan menimbulkan FADING, dimana kuat medan penerimaan goyah.

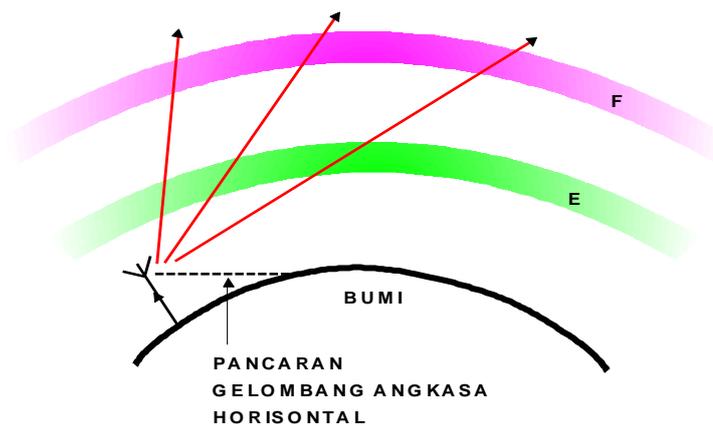
Gambar 1.2 menunjukkan pemantulan gelombang elektromagnetik oleh lapisan ionosphere.

Gambar 1.2. Pemantulan Gelombang

Gambar 1.3. Pemantulan Gelombang Sesuai Frekuensinya

Perambatan LW,MW,SW,VHF.

Perambatan gelombang panjang, dimana λ = 1km - 10 km, dengan polarisasi vertikal pada malam hari melalui interferensi antara gelombang bumi dan angkasa dapat menimbulkan FADING DEKAT. Seperti terlihat pada gambar 1.4.

Gambar 1.4. Terjadinya Fading Dekat

Perambatan gelombang menengah, dimana λ = 100m -10m, dengan polarisasi vertikal. Pada jarak yang jauh dapat timbul interfrensi diantara gelombang bumi dan angkasa yang disebut FADING JAUH. Hal ini bisa terlihat seperti gambar 1.5.

Gambar 1.5. Terjadinya Fading Jauh

Perambatan gelombang menengah, dimana λ = 100m -10m, dengan polarisasi vertikal. Antara gelombang bumi yang sangat pendek dan jatuhnya gelombang angkasa terjadi DAERAH MATI. Jarak ini disebut jarak lompatan, yang bergantung pada frekuensi hari dan tahun. Hal ini seperti ditunjukkan pada gambar 1.6.

Gambar 1.6. Daerah Mati

Perambatan gelombang sangat pendek, λ = 1m - 10m, pada band 1 dengan polarisasi vertikal, band II dan III dengan polarisasi horisontal dalam daerah frekuensi 30 MHz - 300 MHz dengan semakin pendeknya panjang gelombang akan memisahkan diri dari permukaan bumi, merambat diatas bumi tanpa kerugian dan LURUS seperti GELOMBANG CAHAYA. Jangkauannya dengan begitu sejauh pandangan antara antena pemancar dan penerima (maksimum kira-kira 50 km). Perambatan gelombang desimeter dengan λ = 10 Cm - 100 Cm dengan polarisasi horisontal. Dalam daerah frekuensi antara 300 MHZ - 3 GHz (televisi band IV dan V) mempunyai jangkauan terbatas (≈ 50 km). Pada semua jangkauan gelombang untuk menaikkan daya jangkauan dapat dengan menaikkan daya pancar, menaikkan antena pemancar jauh dengan bumi.

Gambar 1.7. Perambatan Gelombang Angkasa

Penguatan (*Gain*) Antena

Penguatan sangat erat hubungannya dengan *directivity*. Penguatan mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh antena tertentu dibandingkan dengan *radiator isotropis* yang bentuk pola radiasinya menyerupai bola. Secara fisik suatu *radiator isotropis* tidak ada, tapi sering kali digunakan sebagai referensi untuk menyatakan sifat – sifat kearahan antena.

Penguatan daya antena pada arah tertentu didefinisikan sebagai 4π kali perbandingan intensitas radiasi dalam arah tersebut dengan daya yang diterima oleh antena dari pemancar yang terhubung. Apabila arahnya tidak diketahui, penguatan daya biasanya ditentukan dalam arah radiasi maksimum, dalam persamaan matematik dinyatakan :

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \qquad (2.10)$$

G = gain antena (dB)

U_m = intensitas radiasi antena (watt)

P_{in} = daya input total yang diterima oleh antena (watt)

Pada pengukuran digunakan metode pembandingan (*Gain-comparison Method*) atau *gain transfer mode*. Prinsip pengukuran ini adalah dengan menggunakan antena referensi yang biasanya antena *dipole* standar yang sudah diketahui nilai *gain*nya. Prosedur ini memerlukan 2 kali pengukuran yaitu terhadap antena yang diukur dan terhadap antena referensi. Nilai *gain absolut isotropik* dinyatakan :

$$G_{AUT}(dBi) = G_{ref}(dBi) + 10 \log\left(\frac{W_{RX}}{W_{ref}}\right) \qquad (2.11)$$

dengan :

G_{AUT} = Gain antena yang diukur (dBi)

G_{ref} = Gain antena referensi yang sudah diketahui (dBi)

W_{RX} = Daya yang diterima antena yang diukur (dBm)

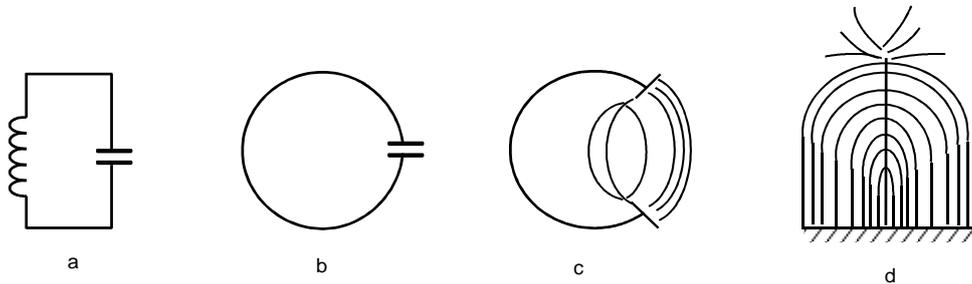
W_{ref} = Daya yang diterima antena referensi (dBm)

Pancaran gelombang radio oleh antena makin jauh makin lemah, melemahnya pancaran itu berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya, jadi pada jarak dua kali lipat kekuatannya menjadi $1/2^2$ atau seperempatnya. Angka

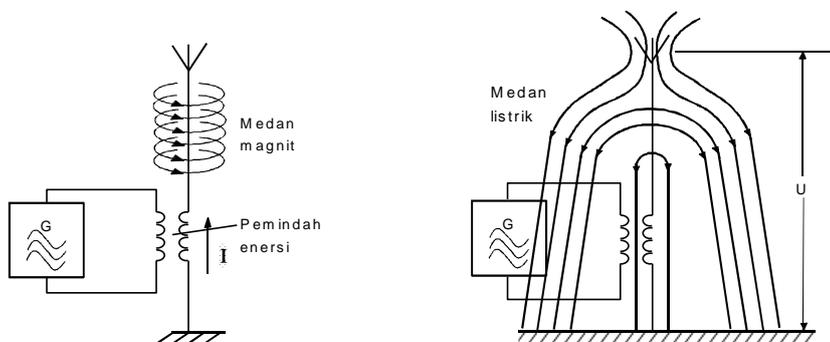
tersebut masih belum memperhitungkan melemahnya pancaran karena hambatan lingkungan dalam perjalanannya.

Kecuali sifat tersebut di atas, sifat lain dari antena adalah bahwa kekuatan pancaran ke berbagai arah cenderung tidak sama. Pancaran gelombang radio oleh antena vertikal mempunyai kekuatan yang sama ke segala arah mata angin, pancaran semacam ini dinamakan omni-directional. Pada antena dipole, pancaran ke arah tegak lurus bentangannya besar sedang pancaran ke samping kecil, pancaran semacam ini disebut bi-directional.

Jika ada sebuah antena memiliki penguatan (Gain) 5dB berarti antena tersebut mempunyai tegangan keluaran sekitar 5dB lebih kuat dari pada antena pembanding. Adapun antena pembanding ada 2 buah yaitu antena isotropik dan dipole. Jika perbandingan dengan antena isotropik maka penguatan (gain) antena dinyatakan dengan dBi. Sementara jika dibandingkan dengan antena dipole penguatan (gain) antena dinyatakan dengan dBd.

Pemancaran gelombang elektromagnetis

Gambar 1.8. Terjadinya pancaran gelombang

Lingkaran resonator a, jika kumparan diperkecil terjadilah gambar b dan jika kedua plat dari kapasitor dijauhkan satu sama lain maka terjadilah gambar c dan d. Gambar a adalah lingkaran resonator TERTUTUP dan gambar d adalah lingkaran resonator TERBUKA, dalam kedua resonator tetap dijumpai medan magnetis dan elektris yang saling berganti.

Pada resonator tertutup, kapasitansi dan induktansi terpusat pada masing-masing komponen. Sedang pada resonator terbuka, kapasitansi dan induktansinya terbagi pada sebuah kawat. Sehingga pada resonator terbuka kedua medan mendesak pada ruangan sendiri-sendiri

Gambar 1.9. Medan magnet pada antena

Resonator terbuka, jika bertugas mengirimkan energi frekuensi tinggi disebut ANTENA PEMANCAR. Jika untuk menerima energi frekuensi tinggi disebut ANTENA PENERIMA. antena diberi energi frekuensi tinggi melalui pemindah energi, sesuai dengan keadaan getaran energi, dalam antena mengalir arus atau terdapat tegangan antara ujung-ujung antena.

Arus akan membangkitkan MEDAN MAGNIT berbentuk ring disekitar antena. Tegangan membangkitkan MEDAN LISTRIK antara ujung-ujung antena.

Kedua medan akan dipancarkan ke udara. Medan berganti-ganti magnetis dan listrik satu sama lain mempunyai sudut 90^0 dan keduanya membentuk pemancaran elektromagnetis dari antena. Medan magnetis yang berjalan disebut GELOMBANG ELEKTROMAGNETIS**.**

C. RANGKUMAN

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. **Gelombang** adalah suatu getaran yang merambat, selama perambatannya gelombang membawa energi. Pada gelombang, materi yang merambat memerlukan medium, tetapi medium tidak ikut berpindah.

Apabila kita berbicara tentang propagasi maka kita menyentuh pengetahuan yang berhubungan dengan pancaran gelombang radio. Seperti kita ketahui bahwa apabila kita transmit, pesawat kita memancarkan gelombang radio yang ditumpangi oleh audio kita.

Gelombang radio yang dipancarkan tadi berupa gelombang elektromagnetik bergerak menuruti garis lurus. Gelombang radio mempunyai sifat seperti cahaya, ia dapat dipantulkan, dibiaskan, direfraksi dan dipolarisasikan. Kecepatan rambatanya sama dengan kecepatan sinar ialah 300.000 km tiap detik.

Di angkasa luar, ialah di luar lapisan atmosphere bumi terdapat lapisan yang dinamakan ionosphere. Ionosphere adalah suatu lapisan gas yang terionisasi sehingga mempunyai muatan listrik, lapisan ini berbentuk kulit bola raksasa yang menyelimuti bumi. Lapisan ini dapat berpengaruh kepada jalannya gelombang radio.

Frekuensi gelombang radio yang mungkin dapat dipantulkan kembali adalah frekuensi yang berada pada range *Medium Frequency* (MF) dan *High Frequency* (HF). Adapun gelombang radio pada *Very High Frequency* (VHF) dan *Ultra High Frequency* (UHF) atau yang lebih tinggi

Kerugian pada permukaan bumi dengan naiknya frekuensi akan semakin BESAR. Gelombang bumi dapat merambat dalam daerah gelombang panjang sampai 1000 km, dalam daerah gelombang menengah hanya sampai 300 Km dan dalam daerah gelombang pendek sampai 100 km. gelombang angkasa

merambat secara GARIS LURUS, berhubung dengan itu angkasa tidak bisa mengikuti permukaan bumi kita.

Pada daerah frekuensi sebagian dari gelombang angkasa kembali ke permukaan bumi. Mereka dipantulkan oleh lapisan udara yang terhampar diketinggian 50 km sampai 300 km. Lapisan udara pemantul ini disebut ionosphere. Lapisan udara yang terionisasi kuat dinamakan lapisan heaviside.

Pancaran gelombang radio oleh antena makin jauh makin lemah, melemahnya pancaran itu berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya, jadi pada jarak dua kali lipat kekuatannya menjadi $1/2^2$ atau seperempatnya. Angka tersebut masih belum memperhitungkan melemahnya pancaran karena hambatan lingkungan dalam perjalanannya.

Arus akan membangkitkan MEDAN MAGNIT berbentuk ring disekitar antena. Tegangan membangkitkan MEDAN LISTRIK antara ujung-ujung antena. Kedua medan akan dipancarkan ke udara. Medan berganti-ganti magnetis dan listrik satu sama lain mempunyai sudut 90^0 dan keduanya membentuk pemancaran elektromagnetis dari antena.

D. TUGAS

1. Siapkan sebuah transceiver VHF (2m band), boleh berupa Handy Transceiver (HT) maupun RIG atau base station.
2. Putar / atur tombol pengatur frekuensi yang ada sampai didapatkan frekuensi yang dipakai untuk percakapan. Frekuensi antara 140 MHz sampai dengan 149 MHz.
3. Amati percakapan dan sinyal orang yang berkomunikasi di frekuensi tersebut. Simpulkan hasil pengamatan diatas, apakah sinyal radio yang diamati termasuk penerimaan radiasi langsung atau tidak langsung? Jelaskan !.
4. Sekarang siapkan radio AM yang bekerja di frekuensi HF (3MHz – 30MHz), ini dapat berupa radio biasa atau radio Transceiver HF.
5. Atur / tuning frekuensi penerimaan sehingga didapatkan siaran radio di band frekuensi HF.

6. Amati siaran di frekuensi tersebut. Simpulkan hasil pengamatan diatas, apakah sinyal radio yang diamati termasuk penerimaan radiasi langsung atau tidak langsung? Jelaskan !.

E. TES FORMATIF

1. Gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu disebut ....
2. Gelombang radio mempunyai sifat dapat dipantulkan, dibiaskan, direfraksi dan dipolarisasikan, hal ini seperti sifat ....
3. Kecepatan rambat gelombang elektromagnetik di udara adalah....
4. Lapisan udara yang mempunyai kemampuan untuk membiaskan dan memantulkan gelombang radio disebut ....
5. Pada komunikasi jarak yang jauh dapat timbul interferensi diantara gelombang bumi dan angkasa yang disebut ....

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....

....

....

....

2 ....

....

....

....

3 ....

....

....

....

4 ....

1.2 KEGIATAN BELAJAR 2

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

Menginterprestasikan saluran transmisi gelombang elektromagnetik radio.

B. MATERI

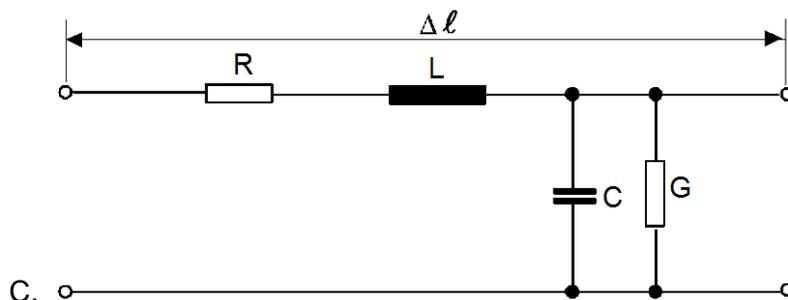
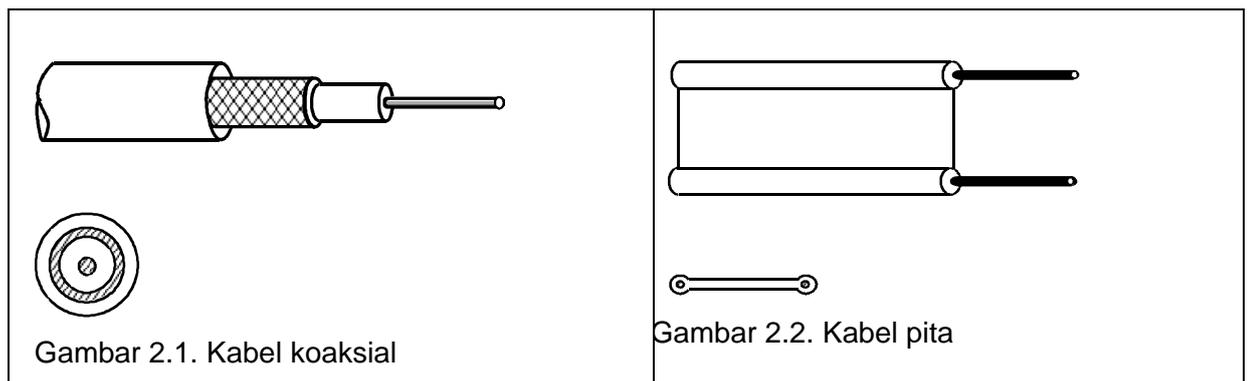
Kabel Antena

Untuk menghubungkan antena dengan pesawat dan pemancar dengan antena diperlukan kabel yang khusus. Kerana energi yang dipindahkan berfrekuensi tinggi. Maka induktifitas dan kapasitansi kabel akan sangat mempengaruhi pemindahan energi. kecepatan rambat akan TERBATAS. Untuk mengatasi hal itu diperlukan kabel untuk frekuensi tinggi.

Kunstruksi dan sifat

Gambar 2.1. Kabel koaksial

Gambar 2.2. Kabel pita

C.

Gambar 2.3. Ilustrasi Kabel Antena

Tahanan R adalah tahanan nyata penghantar, induktansi L adalah induktansi kawat dan kapasitansi C adalah kapasitansi yang terbentuk antara kawat dengan kawat (kabel pita) dan kawat dengan pelindungnya (kabel koaksial) dengan dialektrikum dari isolasi kabel. Tahanan antar kawat membentuk daya hantar G.

Semakin tinggi frekuensi sinyal yang lewat akan semakin TINGGI X_L dan semakin KECIL X_C. Dari rangkaian pengganti dapat dilihat koponen-komponen membentuk suatu PELALU BAWAH.

Dikarenakan tahanan R, tegangan menurun, dan sebagian melewati daya hantar G. kerugian-kerugian ini disebut REDAMAN. Konstanta redaman α dinyatakan dalam dB tiap 100 m.

1 MHz	50 MHz	100 MHz	200 MHz	500 MHz	600 MHz
1,0	7,0	10,0	15,0	25,0	27,5

Redaman kabel dalam dB tiap 100 m pada t = $\pm$ 20^0 C.

Kecepatan rambat

Kecepatan rambat gelombang elektromagnetis V dalam kawat ganda berisolasi lebih KECIL daripada dalam vakum ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$).

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

V = Kecepatan rambat dalam kawat

c = Kecepatan cahaya

ε_r = Konstanta dielektrikum bahan isolasi

Lebih lanjut panjang gelombang dalam kawat lebih pendek, faktor pemendekan k adalah sebesar

$$k = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad \text{atau} \quad k = \frac{V}{c}$$

Faktor pemendekan k pada kabel koaksial sekitar 0,65 0,82

Tahanan gelombang

Pada sinyal frekuensi tinggi (f > 100 kHz) tahanan kawat R dapat diabaikan dibanding reaktansi induktif $X_L = \omega L$ ($R << \omega L$).

Daya hantar dari kapasitansi antar kawat ($G << \omega C$).

Energi elektromagnetis terdapat antara setengahnya elemen induktif dan kapasitif.

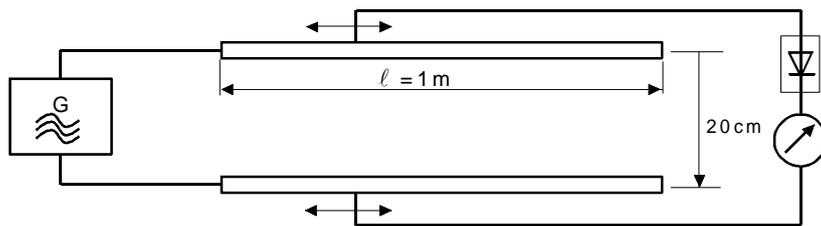
$$\frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

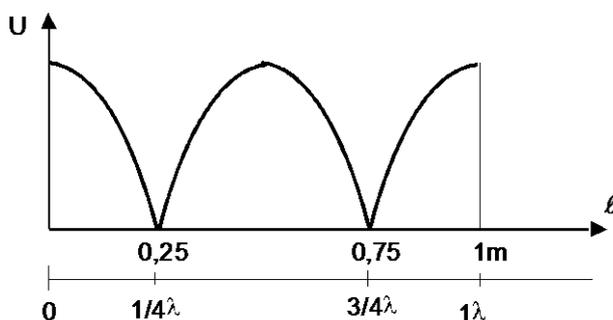
Energi dalam induktansi = energi dalam kapasitansi.

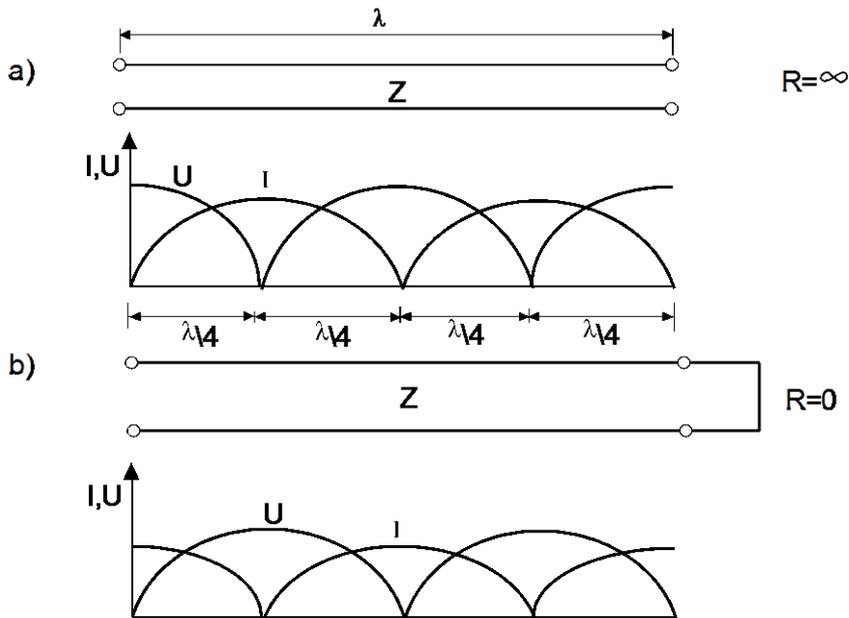
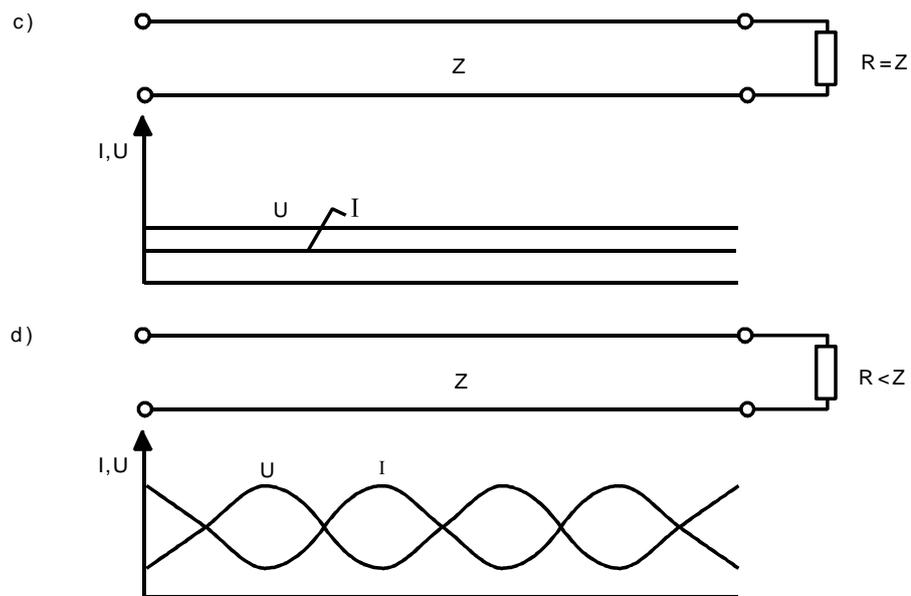
Dari persamaan diatas diperoleh tahanan gelombang

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad \text{(untuk sebuah penghantar)}$$

L dan C adalah induktansi dan kapasitansi tiap satuan panjang tahanan gelombang suatu kabel tergantung pada frekuensi dan berlaku hanya pada frekuensi tinggi, bukan merupakan tahanan nyata maupun tahanan semu. Tahanan ini terbentuk melalui ukuran d dan D serta pemilihan DIELEKTRIKUM.

Gelombang berdiri

Gambar 2.4. Skema Blok SWR

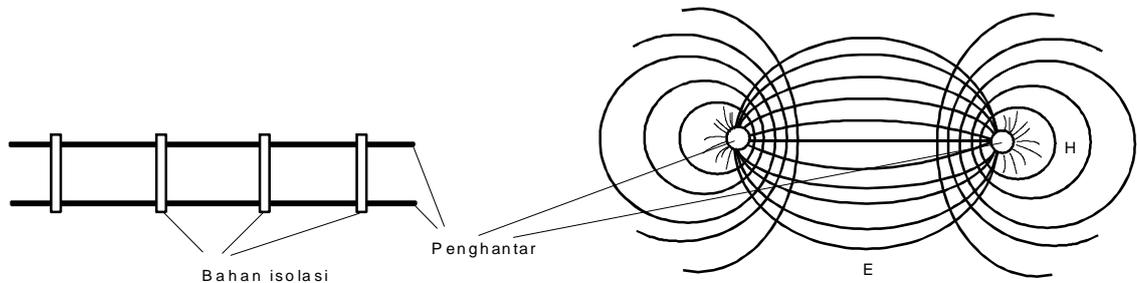
Percobaan diatas untuk melihat terjadinya gelombang berdiri pada suatu penghantar. Generator bergetar pada f = 300 MHz dimana panjang gelombangnya λ = 1m. Diameter penghantar d = 1 mm. Kedua penghantar ujung yang lain tetap terbuka.

Gambar 2.5. Panjang Gelombang

Hasil pengukuran dari percobaan memperlihatkan gelombang berdiri pada suatu penghantar dengan ujung terbuka. Jika terjadi hubung singkat pada jarak 0,25 m atau 0,75 tidak akan merubah pembagian tegangan.

Gambar 2.6. Gelombang pada suatu penghantar

Gambar 2.7. Kondisi gelombang dengan beban diujung penghantar

Gambar diatas memperlihatkan kemungkinan yang terjadi dengan kondisi beban pada ujung penghantar. Jika tahanan beban sama dengan tahanan gelombang penghantar (R = Z) maka pada penghantar tidak terdapat gelombang berdiri.

Ini dikarenakan seluruh energi dipindahkan ke beban (tahanan penutup), amplitudo tegangan dan arus konstan sepanjang penghantar.

Diluar keadaan diatas ($R \neq Z$; $R = \sim$; $R = 0$) terdapat gelombang berdiri pada penghantar dengan jarak maksimal amplitudo dengan maksimal amplitudo yang lain = $\lambda/2$ dan maksimal = $\lambda/4$.

Kabel simetris

Gambar 2.8. Gambaran gelombang di kabel simetris

Satu kabel / penghantar simetris dengan dua penghantar dengan jarak tertentu (20 cm - 30 cm) yang dijaga oleh bahan isolasi.

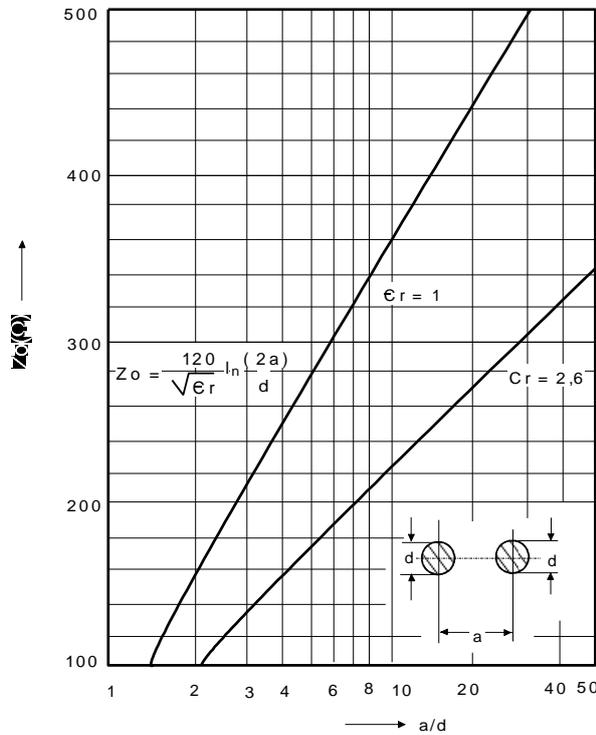
Tahanan gelombang jenis ini dipilih sekitar 600 ohm berdasarkan pertimbangan mekanis.

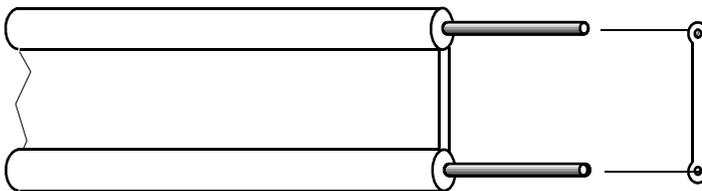
Gambar kanan memperlihatkan garis medan magnit dan garis medan listriknya . Besar tahanan gelombang dapat dihitung dengan rumus :

$$Zo = \frac{120}{\sqrt{\epsilon r}} \ln \frac{(2a)}{d}$$

d = diameter penghantar dalam m

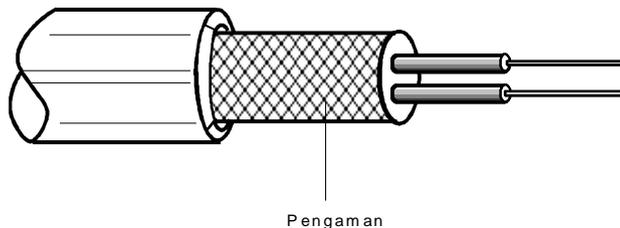
a = jarak antara penghantar dalam m

Tabel .1.

Gambar 2.9. Grafik Impedansi

Jenis yang lain yang terkenal dengan kabel pita, banyak dipergunakan pada televisi. Kedua penghantarnya di cor dengan bahan isolasi

Gambar 2.10. Kabel feder

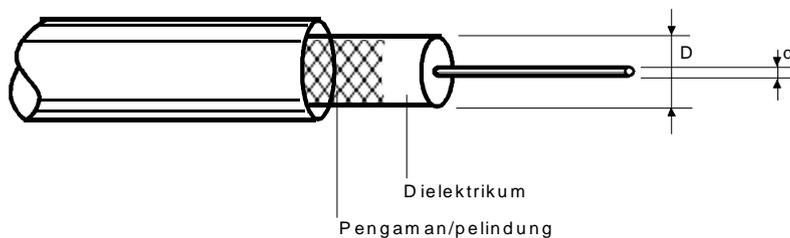
Dibanding jenis yang pertama, redaman pada kabel jenis ini LEBIH BESAR. Penghantar jenis ini mempunyai tahanan gelombang 240 ohm.

Pengaruh cuaca sangat besar, bahan isolasi akan berubah dan menyebakan sifat listriknya berubah pula. Dalam penggunaan yang lama, redaman semakin

besar untuk memperbaiki sifat itu dikembangkan kabel simetris dengan pengaman.

Gambar 2.11. Penampang kabel simetris

Kabel jenis ini biasanya mempunyai tahanan gelombang 120 ohm dan juga 240 ohm.

Kabel tidak simetris

Kabel simetris hanya mampu sampai beberapa ratus MHz maka dikembangkan seperti kabel koaksial. Kabel koaksial terdiri dari penghantar dalam dan penghantar luar berbentuk pipa, diantaranya adalah kosong.

Gambar 2.12. Penampang kabel Coaxial

Untuk menjaga jarak antara penghantar dalam dan luar dibagian antar diisi dengan bahan dielektrikum, dan ini merubah sifat listrik kabel.

Tahanan gelombang dihitung berdasarkan ukuran diameter d dan D, bahan-bahan dielektrikum εr.

$$Zo = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \frac{D}{d}$$

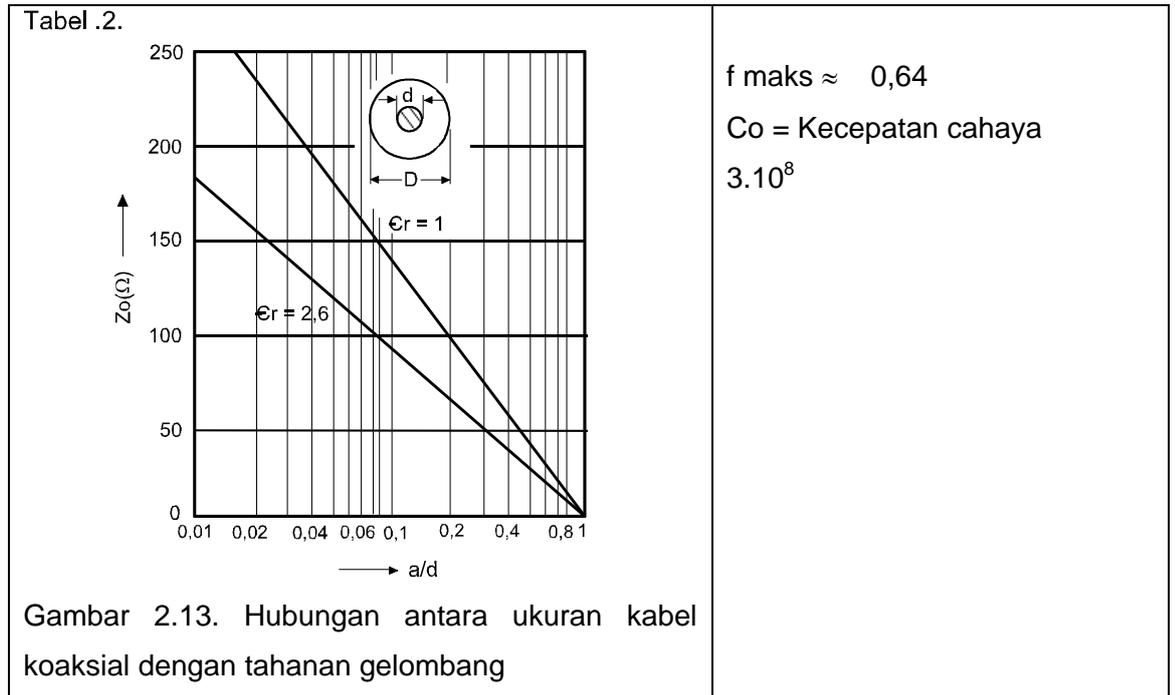
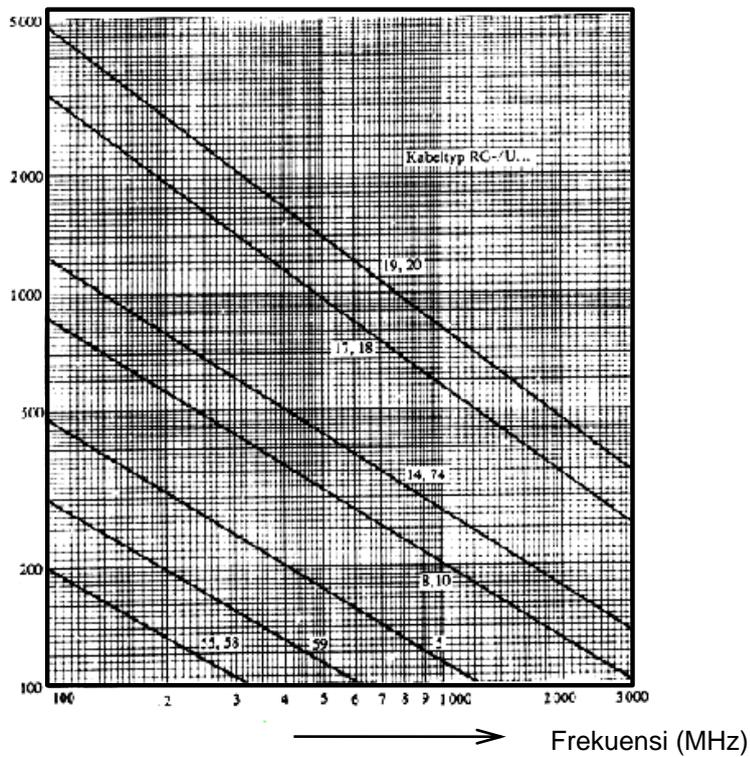
Besar Zo dalam praktek adalah 50 ohm, 60 dan 75 ohm. Sedang frekuensi maksimum yang dapat dilakukan dapat dihitung dengan :

Tabel .2.

Gambar 2.13. Hubungan antara ukuran kabel koaksial dengan tahanan gelombang

f maks ≈ 0,64

Co = Kecepatan cahaya

3.10^{8}

Daya (Watts)

Frekuensi (MHz)

Gambar 2.14. Grafik hubungan frekuensi dengan daya

Daya yang diijinkan pada kabel koaksial berlainan tipe dalam keterpengaruhan frekuensi operasi. Pada grafik diatas menunjukkan semakin tinggi frekwensi maka kemampuan akan semakin menurun.

C. RANGKUMAN

Untuk menghubungkan antena dengan pesawat dan pemancar dengan antena diperlukan kabel yang khusus. Kerana energi yang dipindahkan berfrekuensi tinggi. Maka induktifitas dan kapasitansi kabel akan sangat mempengaruhi pemindahan energi. kecepatan rambat akan TERBATAS. Untuk mengatasi hal itu diperlukan kabel untuk frekuensi tinggi.

Tahanan R adalah tahanan nyata penghantar, induktansi L adalah induktansi kawat dan kapasitansi C adalah kapasitansi yang terbentuk antara kawat dengan kawat (kabel pita) dan kawat dengan pelindungnya (kabel koaksial) dengan dialektrikum dari isolasi kabel.

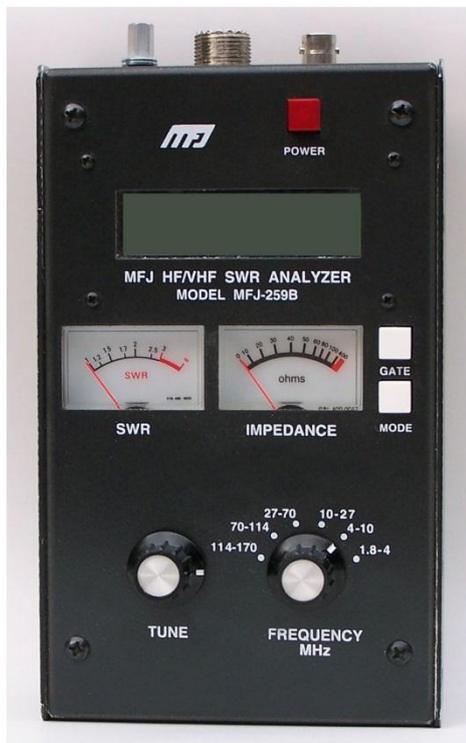
Semakin tinggi frekuensi sinyal yang lewat akan semakin TINGGI X_L dan semakin KECIL X_C. Dari rangkaian pengganti dapat dilihat koponen-komponen membentuk suatu PELALU BAWAH.

L dan C adalah induktansi dan kapasitansi tiap satuan panjang tahanan gelombang suatu kabel tergantung pada frekuensi dan berlaku hanya pada frekuensi tinggi, bukan merupakan tahanan nyata maupun tahanan semu.

Kabel simetris hanya mampu sampai beberapa ratus MHz maka dikembangkan seperti kabel koaksial. Kabel koaksial terdiri dari penghantar dalam dan penghantar luar berbentuk pipa, diantaranya adalah kosong.

Daya yang diijinkan pada kabel koaksial berlainan tipe dalam keterpengaruhan frekuensi operasi. Semakin tinggi frekwensi maka kemampuan akan semakin menurun.

D. TUGAS

1. Siapkan kabel koaksial type RG58 sepanjang 2 meter.
2. Siapkan Antenna Analyzer / SWR analyzer contoh MFJ259 atau yang seri lebih tinggi
3. Pasang konektor di salah satu ujung kabel RG58 yang sudah tersedia dengan model konektor yang sesuai dengan Antenna Analyzer.
4. Hubungkan kabel RG58 tersebut ke Antenna Analyzer, kemudian atur tombol pengaturnya pada posisi frekuensi sekitar 144MHz.
5. Atur tombol “Tune” sehingga didapatkan penunjukan R mendekati 50Ω dan X mendekati 0. Kemudian catat hasilnya.
6. Potonglah ujung kabel RG58 sepanjang 5 cm. Ulangi langkah 5 diatas.
7. Potonglagi ujung kabel RG58 sepanjang 5 cm lagi. Kemudian ulangi langkah 5 diatas.
8. Ulangi langkah 1 sampai dengan 7 untuk kabel RG8.
9. Dari hasil percobaan diatas, buatlah kesimpulannya.

Gambar MFJ HF/VHF SWR Analyzer Model MFJ-259B

E. TES FORMATIF

1. Untuk menghubungkan antena dengan pesawat dan pemancar dengan antena diperlukan .....
2. Semakin tinggi frekuensi sinyal yang lewat akan semakin ...... X_L dan semakin .... X_C.
3. Berapakah besarnya redaman pada umumnya kabel transmisi dengan kepanjangan 100m yang dipekerjakan pada frekuensi 100MHz ?
4. Berapakah besarnya Zo pada kabel koaksial yang anda ketahui ?
5. Kabel jenis apa yang hanya mampu bekerja sampai beberapa ratus MHz ?

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

2 ....
....
....
....

3 ....
....
....
....

4 ....
....
....
....

1.3 KEGIATAN BELAJAR 3

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

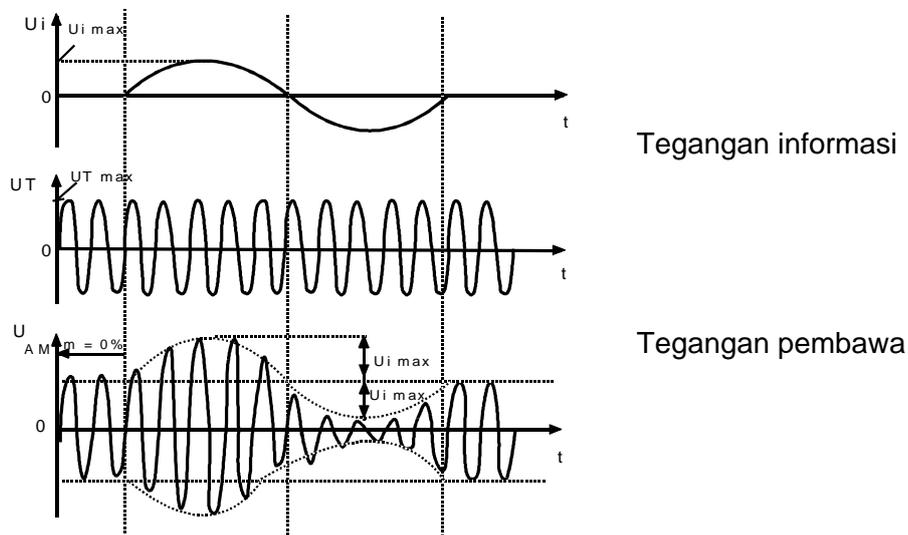
Menginterprestasikan macam-macam modulasi sinyal analog pada sistim radio

B. MATERI

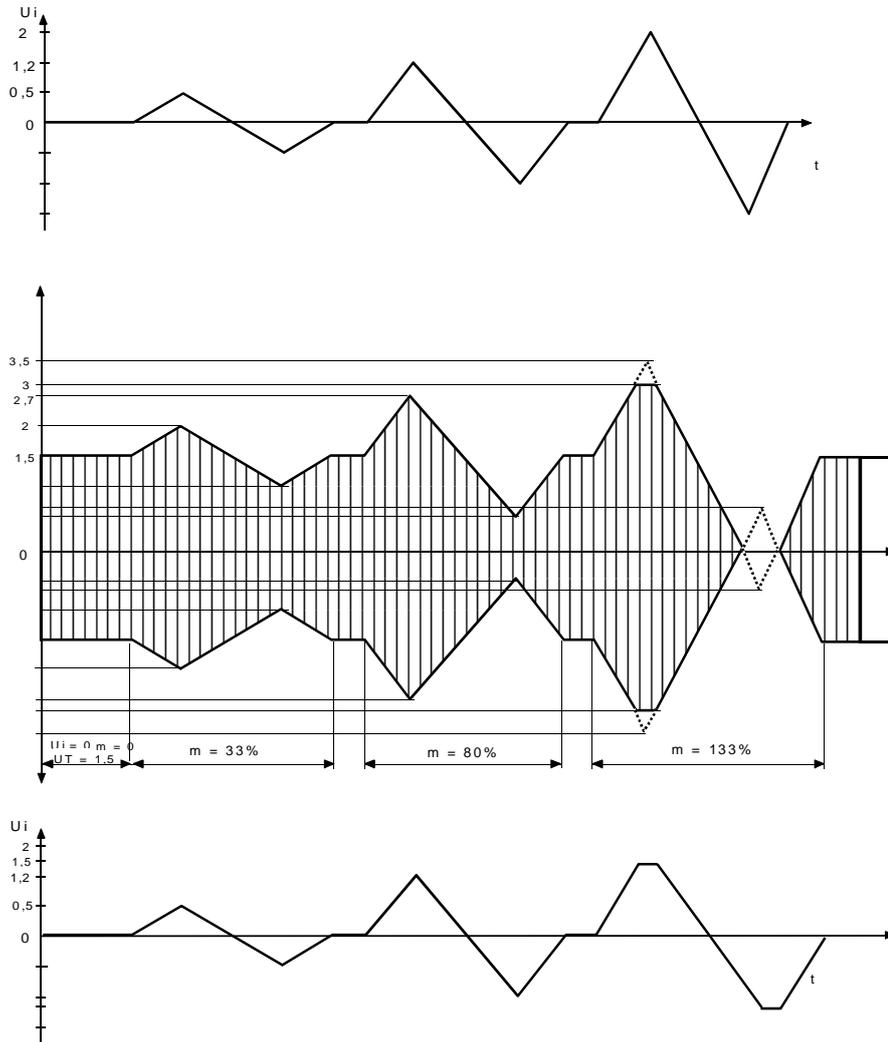
Modulasi Amplitudo (AM)

Pada modulasi amplitudo, AMPLITUDO TEGANGAN frekuensi tinggi diubah-ubah dalam irama tegangan frekuensi rendah.

Tegangan informasi

Tegangan pembawa

Sinyal Modulasi Amplitudo

Gambar 3.1. Proses modulasi amplitudo

Ayunan amplitudo sinyal frekuensi tinggi sesuai dengan KUAT SUARA sinyal frekuensi rendah. Amplitudo sinyal informasi diperbesar sehingga lebih besar dari amplitudo tegangan pembawa, maka informasi suara akan menjadi cacat.

Gambar 3.2. Terjadinya modulasi amplitudo

Perbandingan antara amplitudo sinyal informasi dengan amplitudo sinyal pembawa (belum termodulasi) disebut DERAJAT MODULASI.

$$m = \frac{\hat{U}_i}{\hat{U}_T}$$

atau

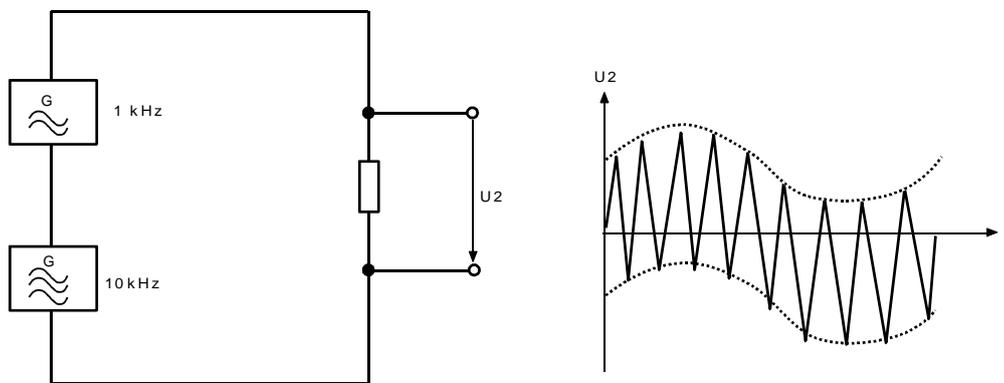
$$m = \frac{U_{p-pmaks} - U_{p-p\min}}{U_{p-pmaks} + U_{p-p\min}}$$

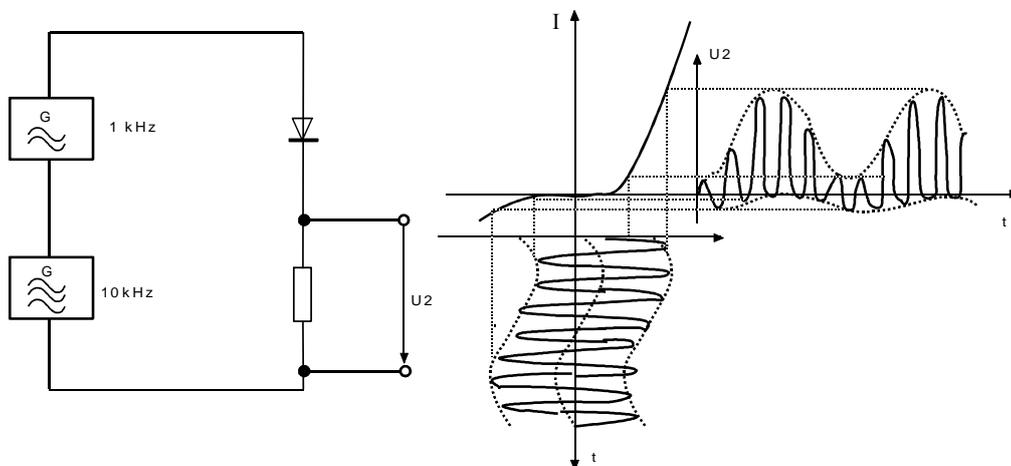
M = derajat modulasi

U_i = amplitudo tegangan sinyal informasi

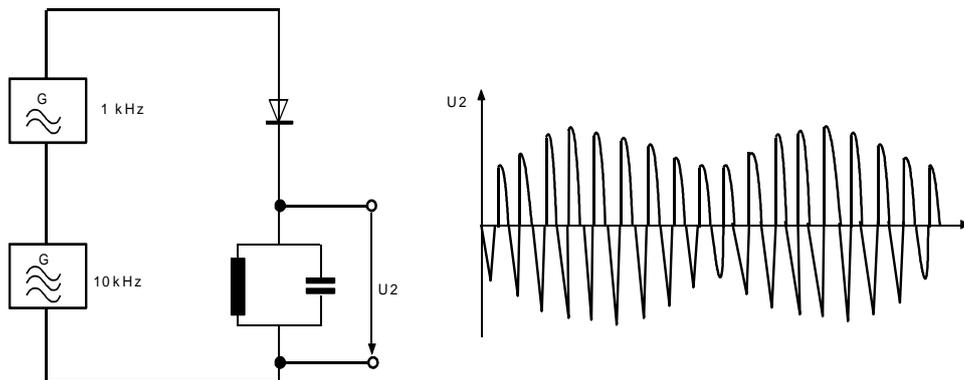
U_T = amplitudo tegangan pembawa

U_{p-p} = amplitudo puncak-puncak tegangan pembawa

Derajat modulasi dinyatakan dalam prosen (%) dan harus selalu lebih kecil dari 100 %. Pada pemancar radio ditetapkan tegangan sinyal (kuat suara) terbesar 80 % pada tegangan sinyal menengah kira-kira 30 %. Pada radio dengan modulasi amplitudo kuat suara ditentukan melalui DERAJAT MODULASI.

Gambar 3.3. Rangkaian modulasi amplitudo

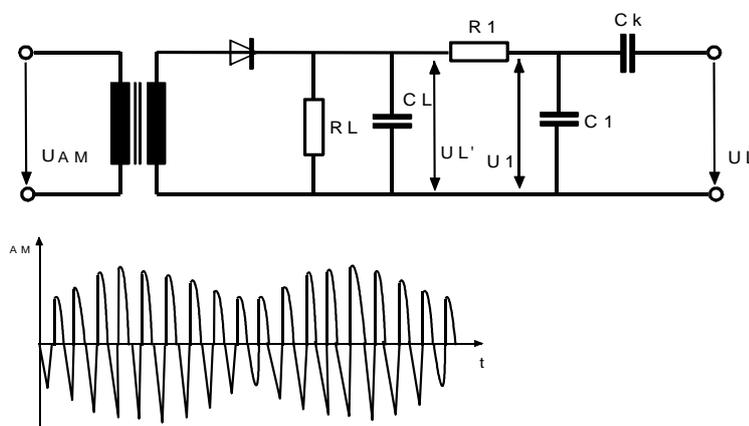
Pada penumpangan getaran frekuensi tinggi dengan getaran frekuensi renfdah, frekuensi dari getaran frekuensi tinggi TIDAK BERUBAH. Getaran frekuensi tinggi bergoyang didalam getaran frekuensi rendah sekitar keadaan diamnya.

Gambar 3.4. Modulasi dengan sebuah dioda

Modulasi dengan Sebuah Dioda

Getaran frekuensi tinggi dan rendah bersama-sama dilewatkan pada elemen saklar (dioda) yang mempunyai kurva bengkok. Amplitudo tegangan frekuensi tinggi dan rendah diubah melalui dioda. Dengan begitu tegangan frekuensi tinggi dimodulasi.

Gambar 3.5. Sesonator paralel

Resonator paralel ditala pada 10 kHz, sehingga hanya getaran berfrekuensi 10 kHz saja yang dapat terukur sebagai U_2. U_2 mempunyai amplitudo berubah-ubah. Resonator paralel mensimetriskan amplitudo getaran frekuensi tinggi (Lihat modulasi dengan dioda).

Demodulasi AM

Maksud demodulasi AM adalah memperoleh kembali sinyal INFORMASI dari sinyal AM. Untuk sinyal AM dapat dengan mudah dilakukan dengan sebuah dioda dan beberapa komponen sebagai berikut.

Gambar 3.6. Demodulasi AM

U L, t	Bentuk tegangan setelah melalui dioda (tanpa C_L)
U L', t	Bentuk tegangan setelah melalui dioda dengan kapasitor C_L
U 1, t	Besarnya C_L harus dipilih sesuai sehingga masih terdapat frekuensi rendah dan menekan frekuensi tinggi. Konstanta waktu R_L dan C_L ; $\frac{1}{f_{Hf}}$ $\frac{1}{f_{AF}}$
U i, t	R1 dan C1 menyaring lebih lanjut. Disini masih terdapat bagian tegangan arus searah, kapasitor Ck menahan arus searah dan melalukan sinyal AC yang meeerupakan sinyal informasi.

Pemilihan besarnya C_L

Jika ditetapkan R_L = 10 k

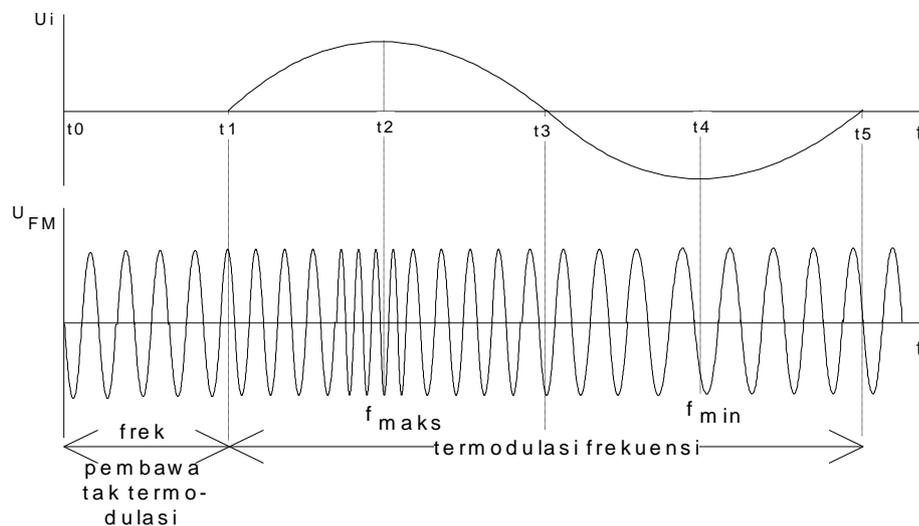
Untuk fHf = 455 kHz mempunyai $\frac{1}{fHf} = 2{,}2\ \mu s$

fAF = 4,5 kHz mempunyai $\frac{1}{fHf} = 222\ \mu s$

dipilih 100 μs

maka $$C_L = \frac{1/f}{R_L} = \frac{100\ s}{10\ k} = 10\ nF$$

Modulasi Frekuensi FM

Pada modulasi frekuensi, <u>FREKUENSI</u> getaran pembawa diubah-ubah dalam irama tegangan informasi frekuensi rendah. Sedang amplitudonya KONSTAN.

Gambar 3.7. Proses pemodulasian FM

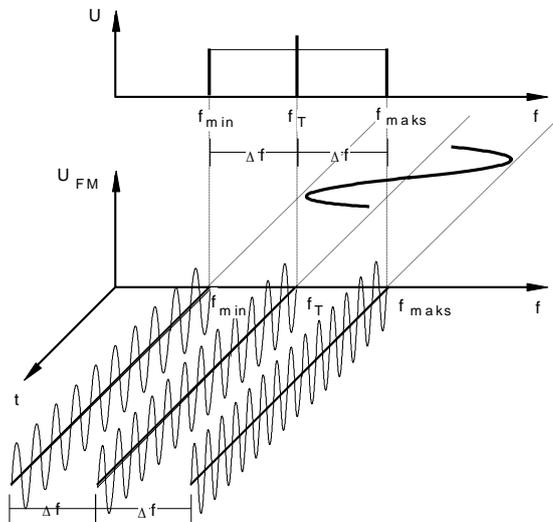
Hubungan antara frekuensi informasi dan pembawa pada FM

	Kuat suara 0 Frekuensi pembawa dipancarkan 6 getaran tiap satuan waktu t*

Diagram	Keterangan
Ui 1, t, t*, UFM, f1, f2, f1, f2	Kuat suara 1 Frekuensi fi 1 Frekuensi sisi dipancarkan F1 = 8 getaran/ t* F2 = 4 getaran/ t* Terdapat empat perubahan
Ui 1, t, t*, UFM, f1, f2, f1, f2	Kuat suara 2 Frekuensi fi 1 Frekuensi sisi dipancarkan f1 = 10 getaran/ t* f2 = 2 getaran/ t* terdapat empat perubahan
Ui 1, t, t*, UFM, f1, f2, f1, f2, f1, f2, f1, f2	Kuat suara 1 Frekuensi fi 2 = 2 . fi 1 Frekuensi sisi dipancarkan f 1 = 4 getaran tiap t*/2 = 8 get/ t* f 2 = 2 getaran tiap t*/2 = 4 get/t* Terdapat delapan perubahan

Frekuensi sinyal informasi berpengaruh pada keseringan PERGANTIAN antara maksimal dan minimal frekuensi pembawa. Kuat suara informasi berpengaruh pada PENYIMPANGAN frekuensi pembawa dari harga terbesar dan terkecil.

Penyimpangan frekuensi

Kuat suara berpengaruh pada penyimpangan frekuensi. Penyimpangan frekuensi (frekuensi deviation) ± Af dapat dijelaskan dengan bantuan gambar dibawah.

Gambar 3.8. Terjadinya modulasi FM

Frekuensi pembawa fp jika dimodulasi akan timbul band-band sisi. Semakin besar kuat suara dari sinyal yang dipindahkan maka penyimpangan frekuensi akan SEMAKIN BESAR. Penyimpangan frekuensi dari f_T ke f_{maks} dan f_T ke f_{min} disebut sebagai penyimpangan frekuensi $\pm \Delta f$. + f adalah penyimpangan f_T ke f_{maks} dan - f adalah penyimpangan f_T ke f_{min}.Penyimpangan frekuensi untuk radio FM dan televisi telah ditetapkan :

Radio $\pm \Delta f$ = 75 kHz

TV $\pm \Delta f$ = 50 kHz

Intensitas sinyal FM ditandai dengan indek modulasi m yang besarnya

$$m = \frac{\pm \Delta f}{f_i}$$

Lebar band

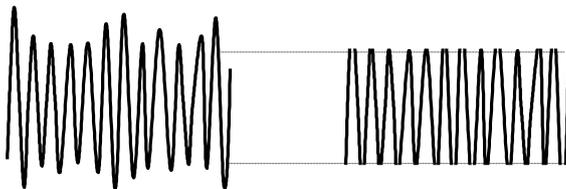
Untuk pengiriman tanpa cacat diperlukan lebar band tertentu. Dan untuk tidak membuat lebar band yang diperlukan terlalu besar, maka band frekuensi yang dipancarkan dalam pemancar dibatasi. Rumus pendekatan lebar band B:

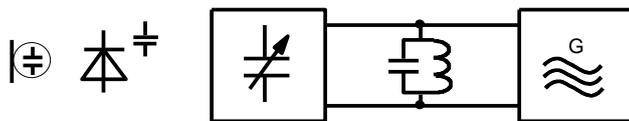
$$B \approx 2\ (\Delta f + n\ .\ fi) \qquad n = 1, 2, 3, ...$$

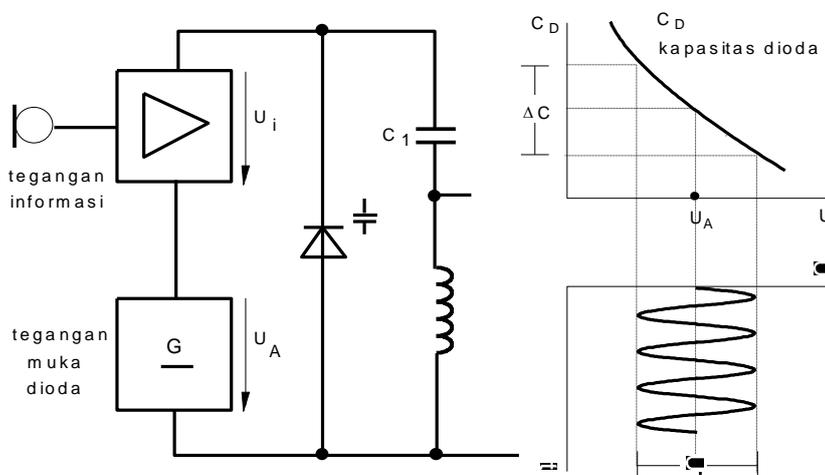
Untuk radio FM dengan Δf = 75 kHz dan frekuensi informasi maksimum f1 = 15 kHz dan n = 1. Maka B = 180 kHz untuk FM stereo masih diperlukan lebar band yang lebih besar lagi.

Kelebihan FM dibanding AM

Dinamik dari FM LEBIH BESAR dibanding pada AM, karena pembawa demodulasi maksimum sampai 75%, sedang pada FM dibatasi oleh penyimpangan frekuensi dari 25 kHz sampai 75 kHz. Sehingga pada FM dapat dicapai dinamik sebesar 3000 (70 dB).

Karena informasi dikandung dalam perubahan frekuensi, maka amplitude getaran dapat DIBATASI melalui itu gangguan amplitude dapat dikesampingkan.

Gambar 3.9. Pembatasan amplitudo pada FM

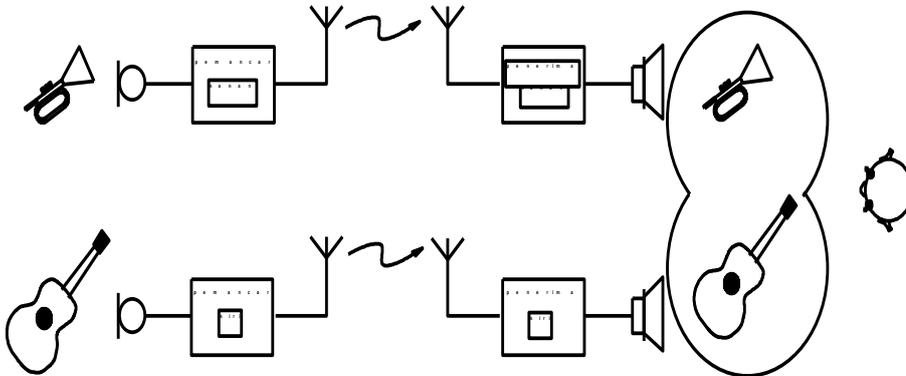
Prinsip modulasi frekuensi

Gambar 3.10. Blok modulator FM

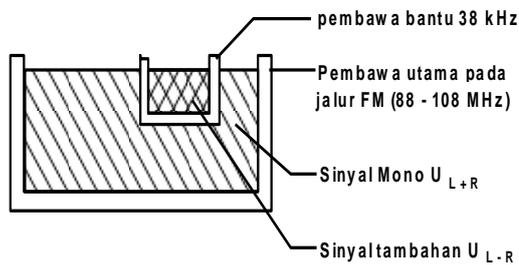
Jika rangkaian resonansi suatu osilator, kapasitornya berubah-ubah, misalnya oleh mikropon kondensor maupun dioda kapasitor, maka frekuensi osilator pun berubah-ubah seirama perubahan kapasitansinya.

Gambar 3.11. Proses modulator FM

Saat Ui = nol maka Udioda = UA sehingga osilator membangkitkan getaran dengan FREKUENSI TERTENTU jika Ui = positip, maka UD = BESAR, CD = KECIL dan osilator frekuensinya NAIK.

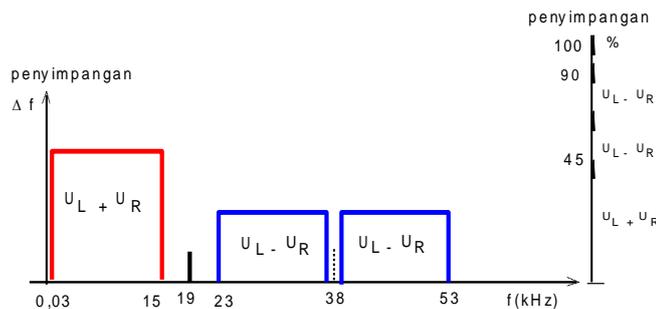
Jika Ui = negatip, maka UD = KECIL, CD = BESAR dan osilator frekuensinya turun.

Stereo Multiplexer FM

Prinsip pengiriman stereo

Gambar 3.12. Prinsip pengiriman stereo

Gambar menunjukkan prinsip pengiriman stereo dengan jalan terpisah. Untuk penghematan maka dikembangkan suatu modulasi dimana informasi kiri dan kanan dipancarkan melalui pemancar dengan sebuah jalur frekuensi

Gambar 3.13. Gambaran pengiriman sinyal stereo

Karena tidak semua pesawat penerima FM semuanya stereo maka pemancar harus mengirimkan SINYAL MONO UL + UR (kompatibelitas). Untuk keperluan stereo dikirimkan sinyal TAMBAHAN STEREO UL - UR untuk memperoleh kembali sinyal informasi kiri dan kanan.

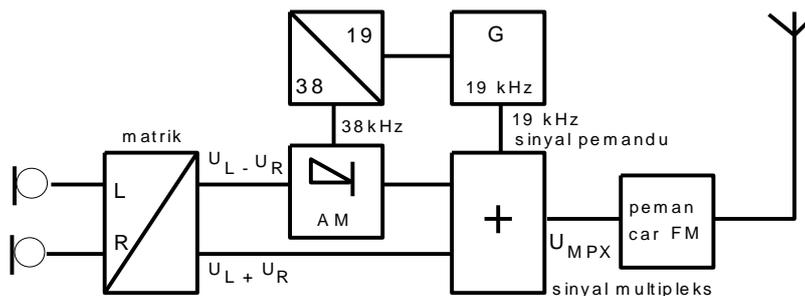
Spektrum frekuensi sinyal multipleks stereo

Gambar 3.14. Spektrum frekuensi MPX

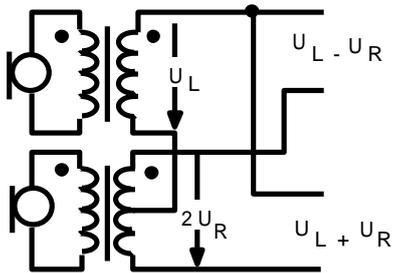
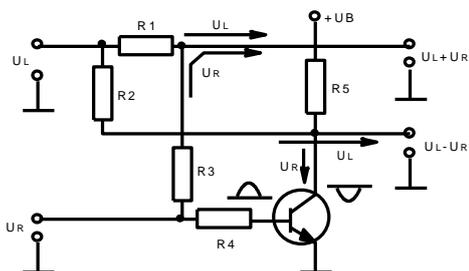
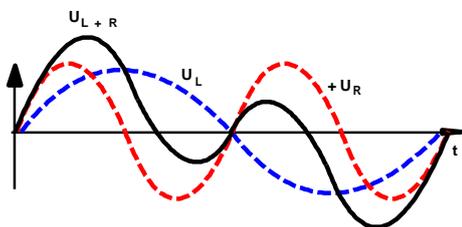
UL + UR= Sinyal utama, sinyal mono, sinyal kompatibel dengan lebar band 30 Hz - 15 kHz dan amplitudonya 45% dari keseluruhan.

UL - UR= Sinyal perbedaan antara sinyal UL dan UR yang membentuk band sisi dari modulasi amplitudo dengan pembawa bantu yang ditekan fT = 38 kHz. Lebar band 30 kHz - 15 kHz.

SINYAL MODULASI AMPLITUDO 38 kHz = sinyal tambahan stereo dengan lebar band 23 kHz - 53 kHz. SINYAL 38 kHz = Pembawa bantu yang amplitudonya ditekan hingga kurang dari 1% dari keseluruhan f, untuk menghindari modulasi lebih.

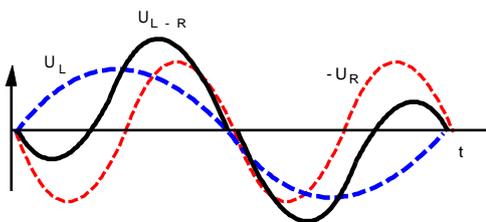
SINYAL 19 kHz = Sinyal pemandu dengan amplitudo sebesar 10% dari seluruh f untuk sinkronisasi dekoder stereo dalam pesawat penerima. Keseluruhan sinyal disebut SINYAL MULTIPLEKS STEREO, untuk memodulasi sinyal dalam band frekuensi VHF BAND II antara 87,5 MHz -104 MHz dengan cara modulasi frekuensi FM. Misalnya pada kanal 50 dengan frekuensi 102,00 MHz . Jika f = ± 75 kHz (untuk kuat suara) maka lebar band untuk stereo adalah B ≈ ± 75 kHz + 53 kHz = ± 120 kHz = 256 kHz.

Pembangkitan sinyal multipleks stereo

Gambar 3.15. Blok MPX generator

Matrik pengubah UL, UR menjadi UL-UR dan UL+UR :

Gambar 3.16. Matrik dengan transformator

Gambar 3.17. Matrik dengan transsistor

Gambar 3.18. Sinyal UL, UR dan UL+UR

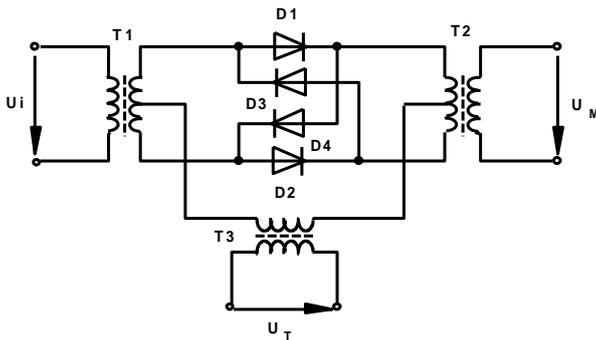
misalkan :

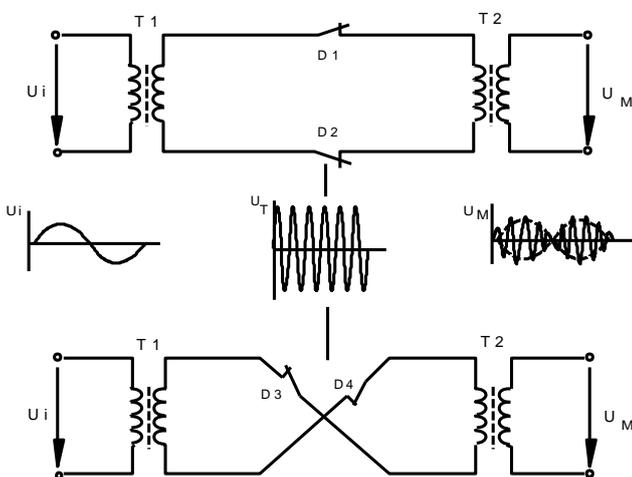
Sinyal kanan mempunyai frekuensi dua kali frekuensi sinyal kiri

Sinyal tebal pada gambar atas adalah hasil jumlahnya

Gambar 3.19. Sinyal UL, UR dan UL-UR

Sinyal kanan bergeser pasa 180° dari semula, sehingga antara sinyal kiri dan kanan merupakan pengurangan

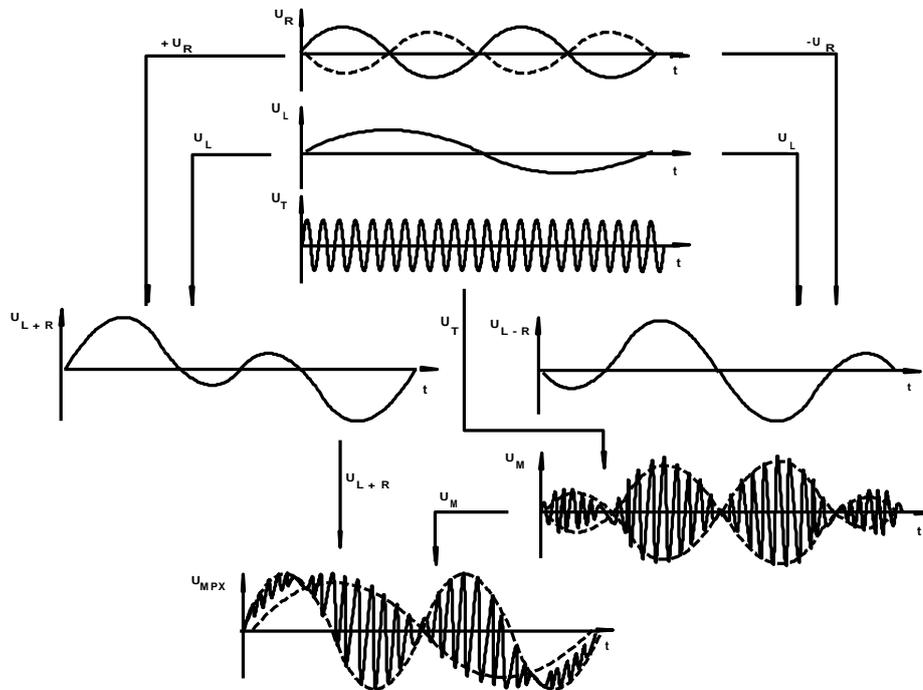
Modulasi amplitudo dengan pembawa yang ditekan

untuk modulasi dengan pembawa yang ditekan dapat digunakan modulator push pull seperti modulator ring.

Gambar 3.20. Modulator Ring dengan dioda

Cara kerja modulator dengan pembawa ditekan

Gambar 3.21. Modulator dengan pembawa ditekan

Dioda D1 dan D2 hidup saat tegangan UT POSITIP, maka tegangan Ui dilalukan ke keluaran. Saat tegangangan UT negatip D3 dan d4 hidup, maka tegangan Ui dilalukan ke keluaran dengan polaritas yang terbalik. Setiap UT berbalik polaritas maka tegangan keluaraanya pun akan BERBALIK. Ditengah-tengah terdapat lompatan pasa, karena getaran negatip belum berpindah ke

positip tetapi diikuti bagian negatip lagi. Hal ini terjadi saat sinyal HF dan LF BERSAMA-SAMA MELEWATI GARIS NOL.

Terjadinya sinyal multipleks stereo

Gambar 3.22. Terjadinya sinyal multipleks stereo

sinyal multipleks stereo terdiri dari :SINYAL MONO (UL + UR). SINYAL TAMBAHAN STEREO (UM) DAN SINYAL PEMANDU (19 kHz).

C. RANGKUMAN

Pada modulasi amplitudo, AMPLITUDO TEGANGAN frekuensi tinggi diubah-ubah dalam irama tegangan frekuensi rendah.

Ayunan amplitudo sinyal frekuensi tinggi sesuai dengan KUAT SUARA sinyal frekuensi rendah. Amplitudo sinyal informasi diperbesar sehingga lebih besar dari amplitudo tegangan pembawa, maka informasi suara akan menjadi cacat.

Perbandingan antara amplitudo sinyal informasi dengan amplitudo sinyal pembawa (belum termodulasi) disebut DERAJAT MODULASI. Derajat modulasi dinyatakan dalam prosen (%) dan harus selalu lebih kecil dari 100 %. Pada

pemancar radio ditetapkan tegangan sinyal (kuat suara) terbesar 80 % pada tegangan sinyal menengah kira-kira 30 %. Pada radio dengan modulasi amplitudo kuat suara ditentukan melalui DERAJAT MODULASI.

Pada penumpangan getaran frekuensi tinggi dengan getaran frekuensi renfdah, frekuensi dari getaran frekuensi tinggi TIDAK BERUBAH. Getaran frekuensi tinggi bergoyang didalam getaran frekuensi rendah sekitar keadaan diamnya.

Maksud demodulasi AM adalah memperoleh kembali sinyal INFORMASI dari sinyal AM. Untuk sinyal AM dapat dengan mudah dilakukan dengan sebuah dioda dan beberapa komponen.

Pada modulasi frekuensi, FREKUENSI getaran pembawa diubah-ubah dalam irama tegangan informasi frekuensi rendah. Sedang amplitudonya KONSTAN.

Frekuensi sinyal informasi berpengaruh pada keseringan PERGANTIAN antara maksimal dan minimal frekuensi pembawa. Kuat suara informasi berpengaruh pada PENYIMPANGAN frekuensi pembawa dari harga terbesar dan terkecil.

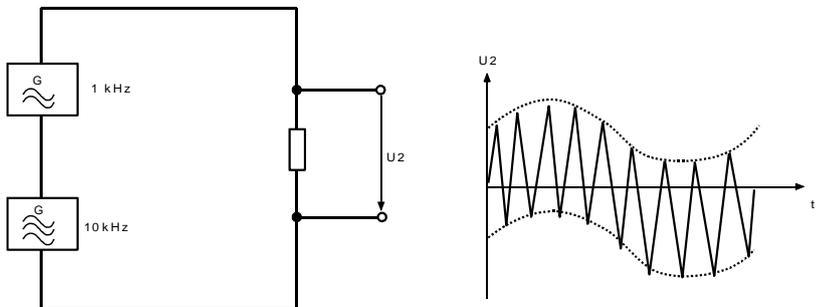
Untuk pengiriman tanpa cacat diperlukan lebar band tertentu. Dan untuk tidak membuat lebar band yang diperlukan terlalu besar, maka band frekuensi yang dipancarkan dalam pemancar dibatasi.

Untuk radio FM dengan Δf = 75 kHz dan frekuensi informasi maksimum f1 = 15 kHz dan n = 1. Maka B = 180 kHz untuk FM stereo masih diperlukan lebar band yang lebih besar lagi.

Dinamik dari FM LEBIH BESAR dibanding pada AM, karena pembawa demodulasi maksimum sampai 75%, sedang pada FM dibatasi oleh penyimpangan frekuensi dari 25 kHz sampai 75 kHz. Sehingga pada FM dapat dicapai dinamik sebesar 3000 (70 dB).

Jika rangkaian resonansi suatu osilator, kapasitornya berubah-ubah, misalnya oleh mikropon kondensor maupun dioda kapasitor, maka frekuensi osilator pun berubah-ubah seirama perubahan kapasitansinya.

D. TUGAS

1. Siapkan 2 buah Function Generator (FG), sebuah Oscilloscope double beam dan resistor 10KΩ. Kemudian rangkaialah seperti gambar berikut.

2. Atur frekuensi FG pada frekuensi 1KHz dan 10KHz seperti gambar diatas. Ukur titik U2 dengan menggunakan CRO. Gambar dan catat gelombang yang tampak pada CRO.
3. Ubah frekuensi FG menjadi 1KHz dan 100KHz. Gambar dan catat gelombang yang tampak pada CRO.

E. TES FORMATIF

1. Terangkan pengertian modulasi amplitudo !
2. Tunjukkan dimana frekuensi informasi dan kuat suara sinyal informasi diletakkan dalam AM !
3. Terangkan prinsip pembangkitan sinyal AM !
4. Terangkan prinsip kerja demodulator AM !
5. Jelaskan perbedaan sinyal AM dan FM !

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

2 ....

2.1 KEGIATAN BELAJAR 4

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

Menginterprestasikan macam-macam modulasi sinyal digital pada sistim radio

B. MATERI

1. ASK (*Amplitudo Shift Keying*)

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (*bit stream*) ke dalam sinyal pembawa. Modulasi digital sebenarnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang sinyal pembawa sedemikian rupa sehingga bentuk hasilnya (sinyal pembawa modulasi) memiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1), Berarti dengan mengamati sinyal pembawanya, kita bisa mengetahui urutan bitnya disertai clock (timing, sinkronisasi). Melalui proses modulasi digital sinyal-sinyal digital setiap tingkatan dapat dikirim ke penerima dengan baik. Untuk pengiriman ini dapat digunakan media transmisi fisik (logam atau optik) atau non fisik (gelombang-gelombang radio). Ada 3 sistem modulasi digital yaitu *Amplitudo Shift Keying* (ASK), *Frekuensi Shift Keying* (FSK), *Phase Shift Keying* (PSK).

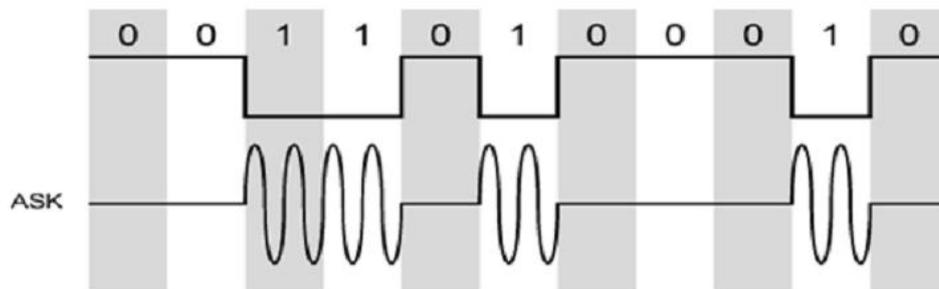
Kelebihan modulasi digital dibandingkan modulasi analog adalah :

1. Teknologi digital mempunyai suatu sinyal dalam bentuk digital yang mampu mengirimkan data yang berbentuk kode binari (0 dan 1).
2. Sinyal digital juga mampu mengirimkan data lebih cepat dan tentunya dengan kapasitas yang lebih besar dibandingkan sinyal analog.
3. Memiliki tingkat kesalahan yang kecil, dibanding sinyal analog 4.Data akan utuh dan akan lebih terjamin pada saat dikirimkan atau ditransmisikan di bandingkan modulasi analog.
4. Lebih stabil dan tidak terpengaruh dengan pengaruh cuaca.

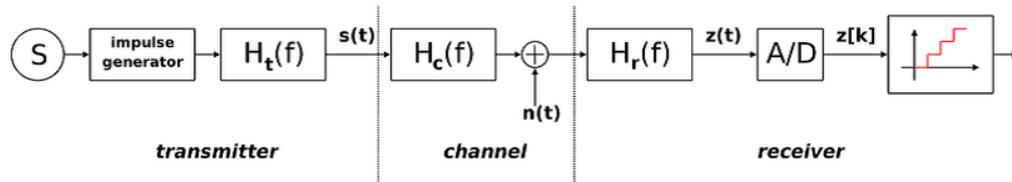
Kelemahan modulasi digital ini adalah sebagai berikut:

1. Modulasi digital termasuk yang mudah error
2. Bila terjadi gangguan maka sistemnya akan langsung berhenti

ASK merupakan jenis modulasi digital yang paling sederhana, dimana sinyal carrier dimodulasi berdasarkan amplitude sinyal digital. Umumnya, kita membutuhkan dua buah sinyal s1(t) dan s2(t) untuk transmisi biner.

Jika transmitter ingin mentransmisikan bit 1, s1(t) digunakan untuk interval pensinyalan (0,Tb). Sedangkan untuk mentransmisikan bit 0, s2(t) digunakan pada interval (0,Tb). Untuk ASK sinyal transmisi dapat dituliskan sbb: Sinyal direpresentasikan dalam dua kondisi perubahan amplitudo gelombang pembawa Sinyal “1” direpresentasikan dengan status “ON” (ada gelombang pembawa), Sinyal “0” direpresentasikan dengan status “OFF” (tidak ada gelombang pembawa).

Gambar 4.1. Sinyal ASK

Amplitudo Shift Keying (ASK) dalam konteks komunikasi digital adalah proses modulasi, yang menanamkan untuk dua atau lebih tingkat amplitudo diskrit sinusoid. Hal ini juga terkait dengan jumlah tingkat diadopsi oleh pesan digital. Untuk urutan pesan biner ada dua tingkat, salah satunya biasanya nol. Jadi gelombang termodulasi terdiri dari semburan sinusoida.

Ada diskontinuitas tajam ditampilkan pada titik-titik transisi. Hal ini mengakibatkan sinyal memiliki bandwidth yang tidak perlu lebar. Bandlimiting umumnya diperkenalkan sebelum transmisi, dalam hal ini akan diskontinuitas 'off bulat'. bandlimiting ini dapat diterapkan ke pesan digital, atau sinyal yang termodulasi itu sendiri. Tingkat data seringkali membuat beberapa sub-frekuensi pembawa. Hal ini telah dilakukan dalam bentuk gelombang Gambar 2. Salah satu kelemahan dari ASK, dibandingkan dengan FSK dan PSK, misalnya, adalah bahwa ia tidak punya amplop konstan. Hal ini membuat pengolahannya (misalnya, amplifikasi daya) lebih sulit, karena linieritas menjadi faktor penting. Namun, hal itu membuat untuk kemudahan demodulasi dengan detektor amplop (*envelope detector*).

Gambar 4.2. Blok diagram pembangkitan sinyal ASK

Hal ini dapat dibagi menjadi tiga blok. Yang pertama merupakan pemancar, yang kedua adalah model linier efek saluran, yang ketiga menunjukkan struktur penerima. Notasi berikut digunakan :

* Ht (f) merupakan sinyal carrier untuk transmisi
* Hc (f) adalah respon impulse dari saluran
* N (t) adalah noise diperkenalkan oleh saluran
* Hr (f) adalah filter pada penerima
* L adalah jumlah level yang digunakan untuk transmisi
* Ts adalah waktu antara generasi dari dua simbol

Keluar dari pemancar, sinyal s (t) dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} v[n] \cdot h_t(t - nT_s)$$

Pada penerima, setelah penyaringan melalui hr(t) sinyal adalah :

$$z(t) = n_r(t) + \sum_{n=-\infty}^{\infty} v[n] \cdot g(t - nT_s)$$

Dalam proses modulasi ini kemunculan frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Keuntungan yang diperoleh dari metode ini adalah bit per baud (kecepatan digital) lebih besar. Sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap sinyal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman dan distorsi lainnya. Oleh sebab itu metode ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk hubungan jarak dekat saja. Dalam hal ini faktor noice atau gangguan juga harus diperhitungkan dengan teliti, seperti juga pada sistem modulasi AM.

ASK - *Amplitude Shift Keying* (ASK) adalah modulasi yang menyatakan sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan tertentu (misalnya 1 Volt) dan sinyal digital 0 sebagai sinyal digital dengan tegangan 0 Volt. Sinyal ini yang kemudian digunakan untuk menyala-mati-kan pemancar, kira-kira mirip sinyal morse.

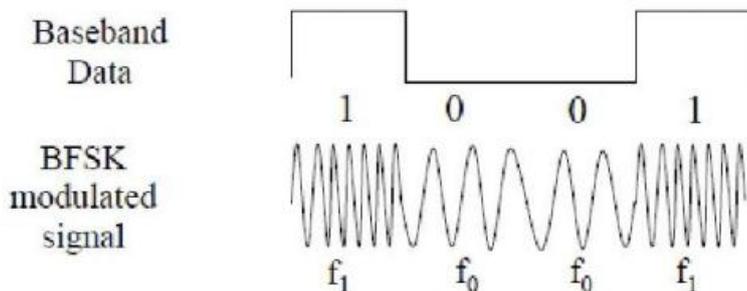
"Infrared Remote Control Extender dengan menggunakan Modul IR-8510, TLP916A dan RLP916A", merupakan salah satu alat yang menggunakan aplikasi dari modulasi digital ASK(Amplitude Shift Keying).

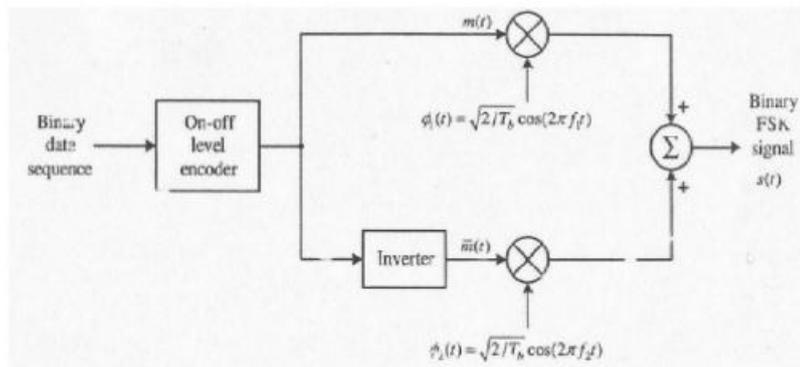
Teknologi infrared dalam aplikasi remote control saat ini sudah banyak dijumpai pada berbagai macam perangkat elektronik. Namun sampai saat ini, infrared mempunyai keterbatasan untuk pengendalian pada jarak yang sangat jauh ataupun menembus dinding.

Prinsip kerja dari Infrared Remote Control Extender ini adalah mengubah sinyal infrared menjadi gelombang radio dengan frekwensi UHF sehingga transmisi data dapat dilakukan pada jarak yang cukup jauh dan diterima dengan penerima UHF serta kembali diubah menjadi sinyal-sinyal infrared. Frekwensi UHF 916 MHz digunakan untuk menghindari adanya noise-noise dari frekwensi radio lainnya. Sinyal yang ditembakkan oleh remote control infra diterima oleh Modul IR-8510 dan diteruskan ke Modul TLP916. Sensor infrared pada modul IR-8510 mengubah pancaran cahay infrared menjadi sinyal data seperti tampak pada bagian RXD. Kemudian data diteruskan secara serial ke Modul TLP91 yang berlaku sebagai UHF Transmitter dan diterima oleh Modul RLP916 yang berlaku sebagai UHF Receiver.

Amplitudo Shift Keying yaitu suatu modulasi di mana logika 1 diwakili dengan adanya sinyal frekwensi 916 MHz dan logika 0 diwakili dengan adanya kondisi tanpa sinyal Modulasi ASK. Untuk memperkuat keluaran dari Modul IR-8510 sehingga dapat dihasilkan sinyal ASK yang baik pada TLP916 perlu ditambahkan 74HC14 yang berfungsi sebagai pancaran gelombang UHF dalam modulasi ASK tersebut selanjutnya diterima oleh RLP916 dan diubah menjadi data serial (TXD gambar 2) yang kemudian diteruskan ke TXD dari Modul IR-8510. Agar dapat ditransmisikan menjadi sinyal-sinyal infrared standard remote control, maka data tersebut terlebih dahulu dimodulasikan dengan frekwensi carrier sebesar 40 KHz sebelum dipancarkan oleh LED Infrared. Proses ini dilakukan pada bagian modulator dari Modul IR-8510.

2. Frekuensi Shift Keying (FSK)

Dalam modulasi FM, frekuensi carrier diubah-ubah harganya mengikuti harga sinyal pemodulasinya (analog) dengan amplitude pembawa yang tetap. Jika sinyal yang memodulasi tersebut hanya mempunyai dua harga tegangan 0 dan 1 (biner/ digital), maka proses modulasi tersebut dapat diartikan sebagai proses penguncian frekuensi sinyal. Hasil gelombang FM yang dimodulasi oleh data biner ini kita sebut dengan *Frequency Shift Keying* (FSK).

Gambar 4.3. Sinyal FSK

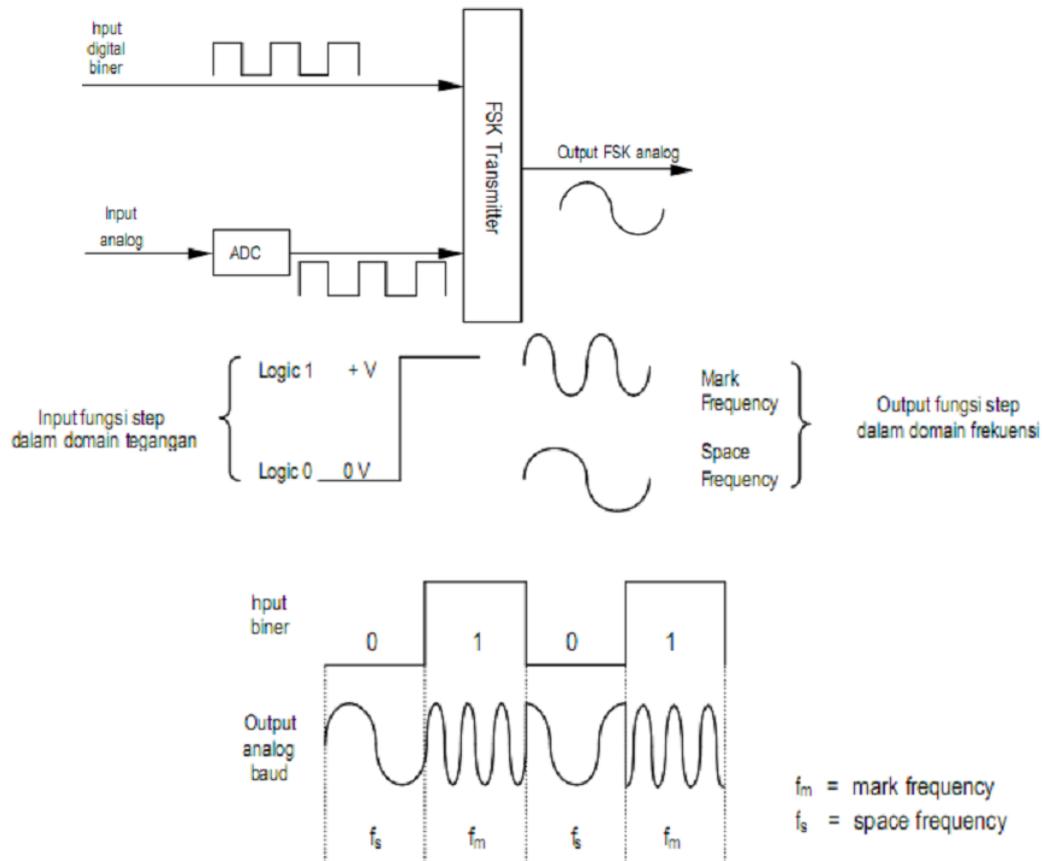
Dalam system FSK (*Frequency Shift Keying*), maka simbol 1 dan 0 ditransmisikan Secara berbeda antara satu sama lain dalam satu atau dua buah sinyal sinusoidal yang berbeda besar frekuensinya. Berikut adalah gambar Gambar Modulator FSK (*Frekuensi Shift Keying*).

Gambar 4.4. Blok diagram FSK

Runtun data biner diaplikasikan / diinputkan pada on off level encoder. Pada bagian keluaran encoder, simbol 1 di representasikan oleh konstanta amplitudo, sedangkan simbol 0 di representasikan oleh bilangan 0 atau kosong. Sebuah inverter ditambahkan pada bagian bawah. Jika masukan dari inverter tersebut adalah 0, maka keluarannya menjadi atau dengan kata lain, jika input maka keluaran menjadi 0.

Multiplier atau pengali berfungsi sebagai saklar/switch yang berhubungan dengan pembawa agar berada dalam kondisi on dan off. Jika masukan dari pengali adalah maka pembawa (carrier) akan menjadi on (off). Jika symbol yang ditransmisikan adalah 1, maka carrier dari upper channel menjadi on dan bagian lower channel menjadi off. Sedangkan jika symbol yang di transmisikan adalah 0, maka carrier dari upper channel menjadi off dan bagian lower menjadi on. Sedangkan jika symbol yang di transmisikan adalah 0, maka carrier dari upper channel menjadi off dan bagian lower menjadi on. Sehingga keluaran dari modulator yang merupakan perpaduan dari dua buah carrier yang berbeda frequensi dikendalikan oleh nilai masukan pada modulator tersebut.

Modulator FSK (Pemancar Binary FSK)

Dengan FSK biner, pada frekuensi carrier tergeser (terdeviasi) oleh input data biner. Sebagai konsekuensinya, output pada suatu modulator FSK biner adalah suatu fungsi step pada domainfrekuensi. Sesuai perubahan sinyal input biner dari suatu logic 0 ke logic 1, dan sebaliknya, output FSKbergeser diantara dua frekuensi : suatu „"mark"" frekuensi atau logic 1 dan suatu "space" frekuensi atau logic 0.

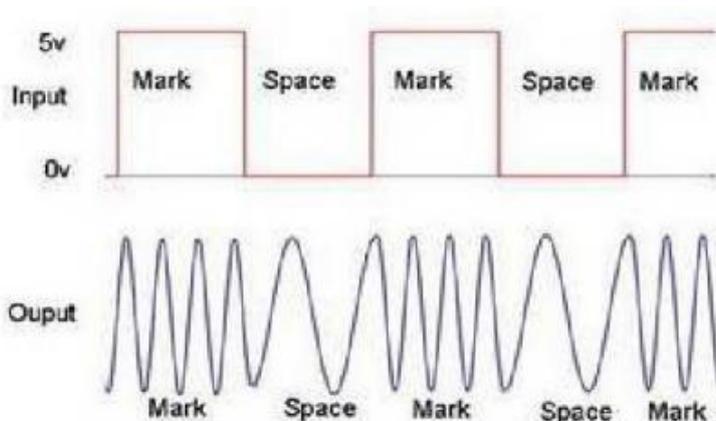
Dengan FSK biner, ada suatu perubahan frekuensi output setiap adanya perubahan kondisi logic padasinyal input. Sebagai konsekuensinya, laju perubahan output adalah sebanding dengan laju perubahan input.Dalam modulasi digital, laju perubahan input pada modulator disebut bit rate dan memiliki satuan bit per second (bps). Laju perubahan pada output modulator disebut baud atau baud rate dan sebandingdengan keterkaitan waktu pada satu elemen sinyal output. Esensinya, baud adalah kecepatan simbol perdetik. Dalam FSK biner, laju input dan laju output adalah sama ; sehingga, bit rate dan baud rate adalahsama. Suatu FSK biner secara sederhana diberikan seperti Gambar dibawah.

Gambar 4.5. Pemancar FSK biner

Aplikasi FSK

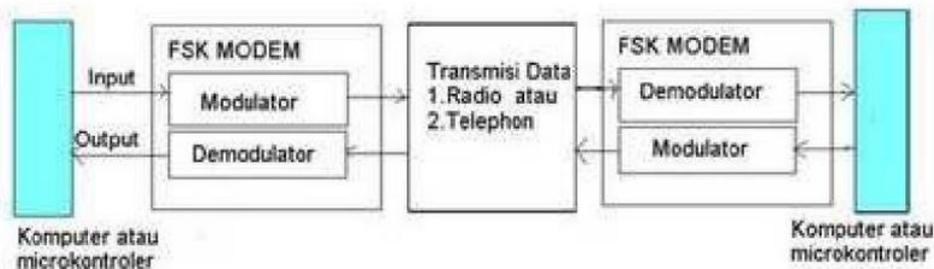
1. *Digital Enhanced Cordless Telecommunications* (DECT) adalah standar komunikasi digital, terutama digunakan untuk membuat system telepon tanpa kabel. Ini berasal di Eropa.
2. AMPS (*Advance MobIle Phone Service*) adalah teknologi mobile telephon generasi pertama (1G) yang masih menggunakan system analog FDMA (Freqwency Division Multiple Access).
3. CT2 adalah standar telepon tanpa kabel yang digunakan pada awal tahun sembilan puluhan untuk memberikan layanan telepon jarak pendek proto-mobile di beberapa negara di Eropa. Hal ini dianggap sebagai pelopor untuk sistem DECT populer.
4. ERMES (*Radio Eropa Messaging System*) adalah sistem radio paging pan-Eropa.

5. *Land Mobile Radio System* (LMRS) adalah istilah yang menunjukkan suatu sistem komunikasi nirkabel (s) yang dimaksudkan untuk digunakan oleh pengguna kendaraan darat (ponsel) atau berjalan kaki(portabel). Sistem tersebut digunakan oleh organisasi darurat pertama yang merespon, pekerjaan umumorganisasi, atau perusahaan dengan armada kendaraan besar atau staf lapangan banyak.
6. Modem, merupakan singkatan dari modulator - demodulator. Modulator artinya penumpangan isyarat, demodulator pengambilan isyarat. Seperti penumpang bus yang masuk dari halte A keluar di halte B,maka halte A adalah modulator, halte B adalah demodulator. Pada pengiriman data digital, isyarat yang ditumpangkan ke modem dalam hal ini adalah isyaratdata digital dengan format komunikasi serial tak singkron (gambar 1). Data ber upa urutankeadaan tegangan masukan 0V atau 5V (standar TTL) yang mewakili keadaan lo gika 0 atau 1. format data serial taksingkron terdiri dari start bit (logika 0 tanda mulai), 8bit data (bisa atau 1),dan stop bit (logika 1 sebagai tanda akhir). Pada saat tidak mengirim data kondisi output deviceber logika 1 (mark), sehingga untuk memulai pengir iman data (start bit) ber lo gika 0 (space), selesai pengiriman data kembali ke kondisi mark.

Modulator pada modem

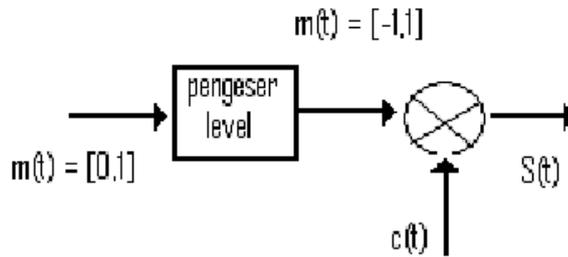
Modulator mengubah isyarat data serial menjadi isyarat isyarat audio. Input modulator berupa sinyal data serial, outputnya berupa audio. Modulator merupakan bagian yang mengubah sinyal informasi dari sinyal pembawa (*carrier*) dan siap untuk dikirimkan. Lihat gambar berikut.

Gambar 4.6. Input dan output modulator

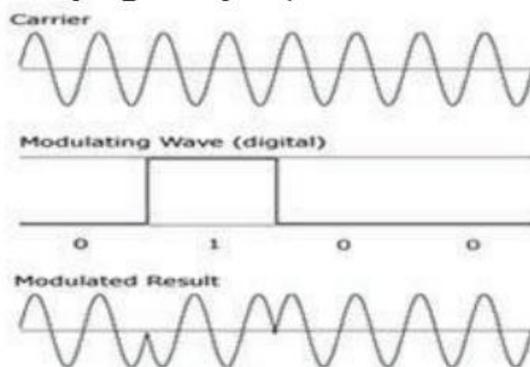
Demodulator pada modem

Pada demodulator mempunyai fungsi kebalikan dari modulator yaitu inputx berupa frequensi audio outputnya berupa isyarat data serial. Demodulator adalah bagian yang memisahkan sinyal informasi (yang berisi data atau pesan) dari sinyal pembawa yang diterima sehimgga informasi tersebut dapat diterima dengan baik. Selanjutnya susunan peralatan komunikasi data melalui modem adalah seperti gambar dibawah. Komputer atau mikrokontroller yang berkomunikasi dengan komputer atau mikreokontroller lain pada jarak jauh masih memerlukan transmisi data yang berupa radio atau telepon.

Gambar 4.7. Susunan peralatan komunikasi data pada modem

3. PSK (Phase Shift Keying)

Phase Shift Keying (PSK) atau pengiriman sinyal digital melalui pergeseran fasa. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi fasa yang memungkinkan fungsi pemodulasi fasa gelombang termodulasi di antara nilai nilai diskrit yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam proses modulasi ini fasa dari frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan status sinyal informasi digital. Sudut fasa harus mempunyai acuan kepada pemancar dan penerima guna memudahkan untuk memperoleh stabilitas. Dalam keadaan seperti ini, fasa yang ada dapat dideteksi bila fasa sebelumnya telah diketahui. Hasil dari perbandingan ini dipakai sebagai patokan.

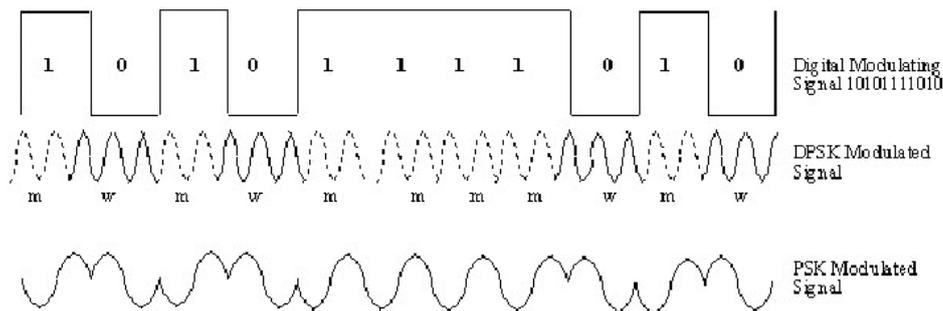
Pada sistem modulasi *Phase Shift Keying* (PSK), sinyal gelombang pembawa sinusoidal dengan amplitudo dan frekuensi yang dapat digunakan untuk menyatakan sinyal biner “1” dan “0”, tetapi untuk sinyal “0” fasa gelombang pembawa tersebut digeser 180^o seperti pada gambar di bawah ini :

Gambar 4.8. Blok Diagram Modulasi PSK

Pada Gambar 10 simbol pengali di sini merupakan Balanced Modulator, disini berfungsi sebagai saklar pembalik fasa, tergantung pada pulsa input, maka frekuensi pembawa akan diubah sesuai dengan kondisi-kondisi tersebut dalam bentuk fasa output, baik sefasa maupun berbeda fasa 1800 dalam Oscillator referensi. Balanced Modulator mempunyai dua input, yaitu sebuah input untuk frekuensi pembawa yang dihasilkan oleh Osilator referensi dan yang satunya input untuk data biner (sinyal digital) .

Gambar 4.9. Sinyal PSK

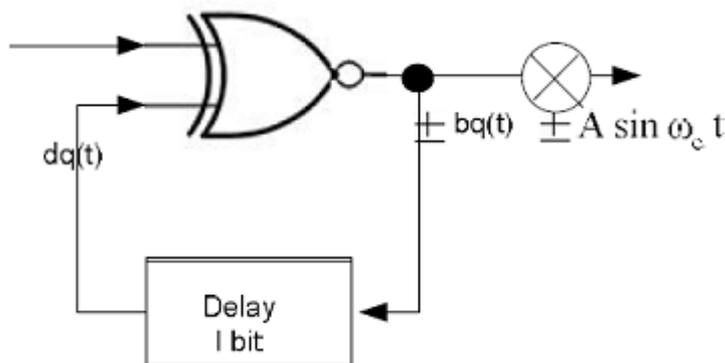
Sinyal pembawa merupakan sinyal sinusoidal dengan frekuensi dan amplitudo tetap, sinyal modulasi adalah informasi biner. Jika informasi adalah low “0”, sinyal pembawa tetap dalam fasanya. Jika input adalah high “1”, sinyal pembawa membalik fasa sebesar 180^o. pasanagan gelombang sin yang hanya berbeda fasanya pada pergesaran 180^o disebut sinyal antipodal. Dari gambar di atas, persamaan untuk sinyal PSK dapat dinyatakan sebagai :

$S(t)= \pm A \cos \omega ct = \pm A \cos (\omega ct+\theta t)$

Differensial Phase Shift Keying

Differensial Phase Shift Keying (DPSK), adalah sebuah bentuk umum modulasi fasa untuk mengirimkan data dengan mengubah fasa dari gelombang pembawa. Dalam *Phase Shift Keying*, ketika bernilai high "1" hanya berisi satu siklus tapi *Differensial Phase Shift Keying* (DPSK) mengandung satu setengah siklus. Gambar di bawah ini menunjukkan modulasi PSK dan DPSK dengan urutan pulsa seperti pada gambar di bawah ini :

Gambar 4.10. Sinyal DPSK dan PSK

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa ketika bernilai high "1" diwakili oleh sebuah sinyal termodulasi seperti bentuk "M" dan dalam keadaan low "0" dan diwakili oleh suatu gelombang yang muncul seperti "W" dalam sinyal termodulasi. Amplitudo dan frekuensi bernilai konstan, namun fasa berubah menyesuaikan bit. Modulasi DPSK dilakukan dengan menggunakan perangkat *Phase Locked Loop* (PLL).

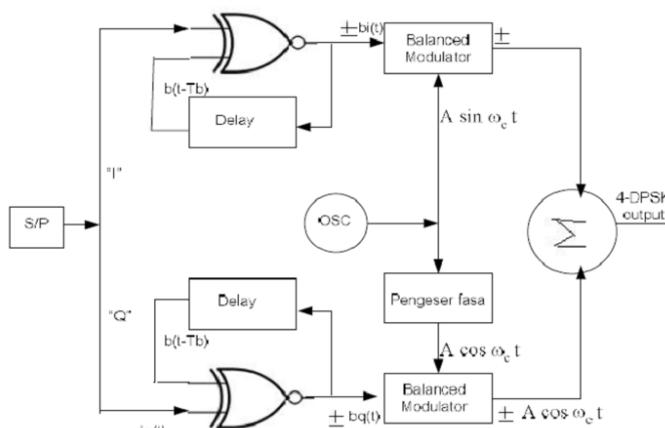
PLL menggunakan referensi sinyal pembawa sinusoidal, lalu mendeteksi fasa sinyal yang diterima, jika fasanya sama dengan referensi, maka dianggap bit "0", jika sebaliknya maka bit "1".

Gambar 4.11. Diagram Modulator DPSK

Pada Gambar diatas aliran data yang akan di transmisikan d(t) dimasukkan ke salah satu logika XNOR dua masukkan, dan gerbang input lainnya dipakai untuk keluaran gerbang XNOR b(t) yang di delay dengan waktu delay Tb, yang dialokasikan untuk satu bit delay. Pada input kedua gerbang XNOR ini adalah b(t-Tb).

M-ary Differensial Phase Shift Keying

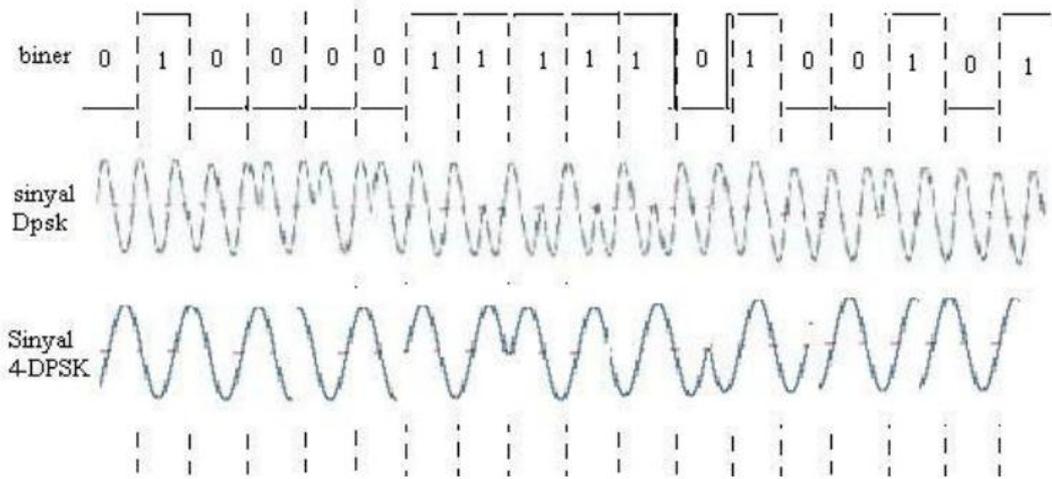
M-ary Differensial Phase Shift Keying (M-DPSK) merupakan bentuk lain dari modulasi sudut, yang mana pengkodean M-ary banyaknya lebih dari satu yang dimaksudkan untuk mempercepat atau memperbanyak data yang akan ditransmisikan sehingga informasi akan lebih cepat diterima. Jadi dengan 4-DPSK akan diperoleh empat kemungkinana fasa output dari frekuensi pembawa, karena ada empat kemungkinan output fasa, maka harus ada empat kondisi input yang berbeda pula. Yang mana input dari sebuah modulator 4-DPSK merupakan sinyal biner, sehingga untuk memperoleh empat buah bentuk output yang berbeda akan membutuhakan lebih dari satu bit input. Dengan dua bit akan menghasilkan empat kondisi yaitu : 00, 01, 10, 11. Dari empat kondisi tersebut, masing-masing kondisi akan menghasilkan satu kemungkinan fasa output.

Prinsip Kerja Rangkaian 4-DPSK

Data bit masukan serial dengan laju 2400 Bps dibagi dua dengan menggunakan rangkaian serial to parallel menjadi dua aliran bit data yaitu aliran data bit ganjil kita sebut “I” dan aliran data bit genap kita sebut “Q” yang dikeluarkan secara bersama-sama dengan kecepatan masing-masing menjadi setengah dari 2400 Bps menjadi 1200 Bps, yang mana nantinya keluaran “Q” dengan keluaran “I”. Tujuan dibuat rangkaian serial to parallel ini yaitu untuk memberi sinyal masukan data yang akan dimodulalsi sebanyak dua bit yaitu dengan pola sinyal keluarannya 00. 01, 10, 11. Sinyal ini yang akan membentuk sinyal keluaran menjadi empat fasa.

Gambar 4.12. Diagram blok modulator 4-DPSK

Selanjutnya sinyal data d(t) dari serial to parallel ini diolah menggunakan gerbang XNOR dua masukan, dan satu masukan lainya diambil dari keluaran gerbang XNOR yang di delay dengan waktu Tb dialokasikan untuk 1 bit delay, pada masukan kedua ini adalah b(t-Tb). Pada proses inilah pengkodean DPSK terbentuk, sehingga pada penerima (Demodulator 4-DPSK) tidak memerlukan sinyal pembawa recovery yang berfungsi untuk membangkitkan dan mengembalikan lagi sinyal pembawa yang termodulasi menjadi sinyal pembawa tanpa termodulasi.

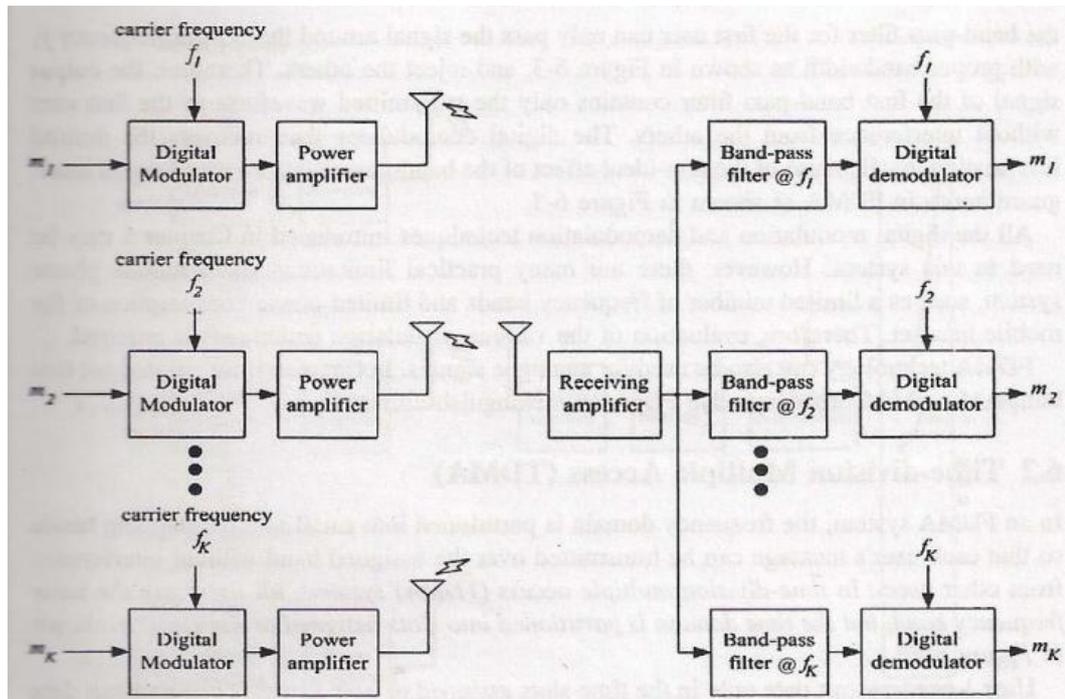
Jika saluran data d(t) yang lainya sibuk, secara lambat mengubah perbandingan bit rite, kemudian fasa dari pulsa b(t) dan b(t-Tb) akan saling mempengaruhi dengan cara yang sama, kemudian melindungi muatan informasi dalam fasa berbeda. Setelah dikodekan, sinyal digital ±b(t) tersebut kemudian dimodulasi menggunakan Balanced Modulator untuk mendapatkan sinyal keluaran yang berbeda fasanya. Sinyal pembawa dari Balanced

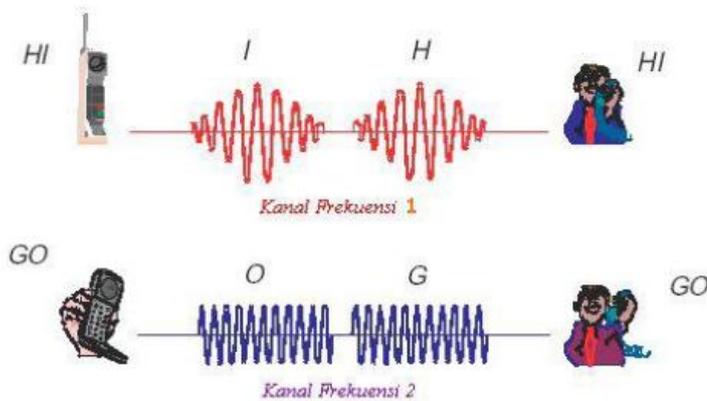
Modulator berasal dari Oscillator yang mana keluaran Balanced Modulator “I” mempunyai fasa output (+ Sin ω t dan - Sin ωc t), demikian pula pada Balanced Modulator “Q” memiliki dua kemungkinan fasa output yaitu (+ Cos ω t dan - Cos ωc t), kemudian keluaran dari Balanced Modulator tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan sinyal keluaran empat fasa yang berbeda.

Gambar 4.13. Bentuk Sinyal DPSK dan 4-DPSK

4. FDMA (Frequency-Division Multiple Access)

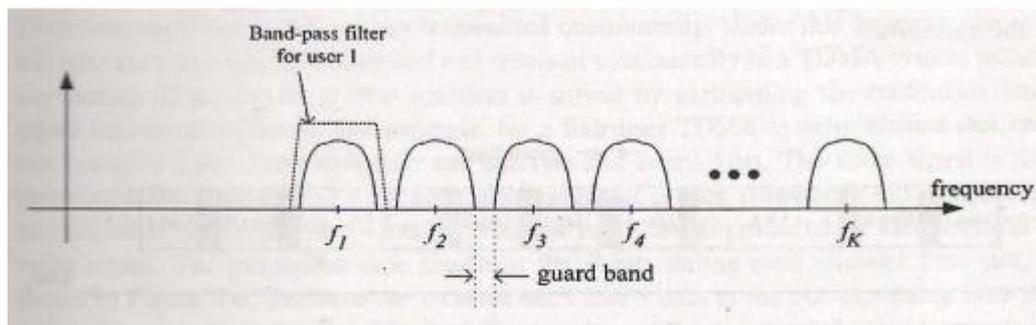
Modulasi frekuensi radio memungkinkan beberapa pengiriman untuk berdampingan pada waktu dan ruang tanpa saling mengganggu oleh penggunaan frekuensi pembawa yang berbeda. Sebagai contoh, untuk sistem penyiaran radio atau televisi, beberapa stasiun penyiaran dalam daerah frekuensi radio berbeda tugas juga bentuk sinyal spectra dari stasiun tidak saling meliputi. Radio dan pesawat televisi dapat di setel ke penerima program khusus dengan mengatur bagian perangkat *Band Pass Filter* (BPF). *Band Pass Filter* (BPF) melewatkan sinyal hanya sekitar frekuensi tengah khusus dan menolak yang lain, dan menghasilkan sinyal yang dapat dimodulasi tanpa gangguan dari stasiun lain. Sekarang ini, pengiriman informasi paling diatas dari system penyiaran radio dan televisi adalah dalam bentuk analog. Akan tetapi, system penyiaran digital memberikan kualitas lebih baik dari audio dan video akan menjadi terkenal di masa depan.

Sebuah contoh dari sistem *Frequency-Division Multiple Access* ditunjukkan pada gambar dibawah dimana pesan dianggap dalam bentuk digital. Contoh ini dipertimbangkan seperti sebuah skenario uplink untuk sistem telepon bergerak, dimana semua pengguna K ingin mengirim pesan ke stasiun dasar. Seperti ditunjukkan, dalam system FDMA, semua pengguna aktif K ditugaskan dengan pita frekuensi berbeda dengan frekuemsi tengah f1,f2,…,fK sebelum pengiriman. Setiap pengguna kemudian menempati pita frekuensi yang

ditugaskan selama waktu tinggal dari sambungan. Untuk pengguna ke-K, pesan mk adalah modulasi digital untu pita frekuensi yang ditugaskan fk. Kemudian, oleh sebuah penguat daya dan sebuah antena, sinyal modulasi dikirim melalui udara sebagai sebuah gelombang elektromagnetik (EM).

Gambar 4.14. Block diagram system FDMA

Dalam FDMA frekuensi dibagi menjadi beberapa kanal frekuensi yang lebih sempit. Tiap pengguna akan mendapatkan kanal frekuensi yang berbeda untuk berkomunikasi secara bersamaan. Pengalokasian frekuensi pada FDMA bersifat eksklusif karena kanal frekuensi yang telah digunakan oleh seorang pengguna tidak dapat digunakan oleh pengguna yang lain. Antar kanal dipisahkan dengan bidang frekuensi yang lebih sempit lagi (*guard band*) untuk menghindari interferensi antar kanal yang berdekatan (*adjacent channel*). Informasi bidang dasar yang dikirim ditumpangkan pada isyarat pembawa (*carrier signal*) agar menempati alokasi frekuensi yang diberikan.

Gambar 4.15. Cara kerja FDMA

Gelombang elektromagnetik akan merambat dalam ruang ke tujuan dimana terletak penerima. Semua sinyal pengirim dari semua pengguna akan kelihatan pada antenna penerima. Pada penerima, sinyal kelihatan di antena adalah gabungan dari semua sinyal pengirim dari semua pengguna aktif. Akan tetapi, sejak semua pengguna aktif ditugaskan dengan pita frekuensi berbeda, sinyal pengirim pengguna saling meliputi pada daerah frekuensi. Gambar 6-3 menjelaskan spektrum dari sinyal penerima pada antena.

Sejak gelombang elektromagnetik (EM) dengan serius dilemahkan melalui perambatan jarak jauh (long distance-propagation), penguat penerima perlu untuk meningkatkan kekuatan dari sinyal penerima. Sinyal penerima kemudian memberi ke Band Pass Filter K dengan frekuensi tengah f1,f2,…,fK.

Gambar 4.16. Spektrum sistem FDMA

Sebagai contoh, *Band Pass Filter* untuk pengguna pertama hanya dapat melewatkan sinyal sekitar frekuensi tengah f1 dan menolak yang lain. Oleh karena itu, sinyal keluaran dari Band Pass Filter pertama hanya terdiri dari bentuk gelombang pengirim dari pengguna pertama tanpa gangguan dari yang lain. Demodulator digital kemudian mendapatkan kembali informasi yang

diinginkan m1. Karena efek tidak ideal dari Band Pass Filter, kami harus menyisipkan pita penjaga(guard bands) di FDMA.

Aplikasi pada komunikasi satelit

FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) melakukan pembagian spektrum gelombang dalam beberapa kanal frekuensi. Setiap panggilan hubungan akan memperoleh kanal tersendiri. Metode FDMA paling tidak efisien dan umumnya digunakan pada jaringan analog seperti AMPS. FDMA merupakan suatu teknik pengaksesan yang menggunakan frekkuensi sebagai media perantaranya. System ini digunakan BTS pada saat memancar/transmite dengan menggunakan frekuensi down link dan pada saat BTS menerima/receive dengan menggunakan frekuensi uplink. Penggunaan frekuensi downlink dan uplink diatur sedemikian rupa sehingga tidak saling menggangu frekuensi yang lainnya. Jika frekuensi ini tidak tepat pengaturannya maka antara satu BTS dengan BTS yang lain frekuensinya akan saling menganggu (interference) yang akan berakibat dengan kualitas suara yang kurang baik, drop call (komuniksai tiba-tiba putus), sulit melakukan panggilan atau tidak bias melakukan panggilan sama sekali.

Base Tranceiver Station (BTS)

Mengandung transceiver radio yang menangani sebuah cell dan hubungan dengan mobile station dan jumlahnya lebih banyak.

Untuk memahami FDMA, bisa dianalogikan tentang station radio mengirimkan sinyalnya pada frekuensi yang berbeda pada kanal yang tersedia kepada tiap-tiap pengguna ponsel. FDMA digunakan sebagian besar untuk transmisi analog. Saat untuk membawa informasi digital, FDMA sudah tidak efesien lagi.

Dalam FDMA frekuensi dibagi menjadi beberapa kanal frekuensi yang lebih sempit. Tiap pengguna akan mendapatkan kanal frekuensi yang berbeda untuk berkomunikasi secara bersamaan. Pengalokasian frekuensi pada FDMA bersipat eksklusif karena kanal frekuensi yang telah digunakan oleh seorang pengguna tidak dapat digunakan oleh pengguna yang lain. Antar kanal dipisahkan dengan bidang frkuensi yang lebih sempit lagi (*guard band*) untuk

menghindari interverens antar kanal yang berdekatan (*adjacent channel*) agar menempati alokasi frekuensi yang diberikan.

Teknik FDMA yang digunakan disatelit: Dalam system kerja FDMA ada beberapa criteria yang dilakukan : menempatkan panggilan pada frekuensi yang berlainan (*multiple carried frequency*) bisa digunakan untuk system selular analog (AMPS). FDMA akan membagi spectrum dalam kanal yang berbeda kemudian membagi bagian yang sama dalam sebuah bandwidth. FDMA membagi bandwidth menjadi 124 buah frekuensi pembawa (*carrier frequency*) yang masing-masing menjadi daerah fekuensi daerah selebar 200 kHz. Satu atau lebih frekuensi pembawa dialamatkan pada masing-masing BTS (base transceiver Station) yang tersedia.

Dalam system yang menggunakan frekuensi devisiion multiplex access ini frekuensi yang digunakan adalah berbeda-beda dengan sistem time division multiplex access pada sistem tersebut frekuensi sinyal yang digunakan adalah sama untuk menghindari adanya interfrensi pada saat pentransmisian sinyal maka sistem ini mentransmisikan sinyal dengan pengaturan waktu yang berbeda-beda namun frekuensi yang digunakan adalah sama.

Aplikasi pada telepon seluler :

FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) adalah pembagian pita frekuensi yang dialokasikan untuk nirkabel telepon selular komunikasi ke dalam 30 saluran, masing-masing dapat membawa percakapan suara atau, dengan layanan digital, membawa data digital. FDMA merupakan teknologi dasar dalam analog Advanced Mobile Phone Service (AMPS), sistem telepon yang paling banyak diinstal selular diinstal di Amerika Utara. Dengan FDMA, masing-masing saluran dapat diberikan ke hanya satu pengguna pada suatu waktu. FDMA juga digunakan dalam Sistem Komunikasi Akses Total (TACS).

Digital-Advanced Layanan Telepon selular (D-AMPS) juga menggunakan FDMA tetapi menambah waktu akses beberapa divisi (TDMA) untuk mendapatkan tiga saluran untuk setiap saluran FDMA, tiga kali lipat jumlah panggilan yang dapat ditangani pada saluran.

Kelebihan dan Kekurangan FDMA

Beberapa kelemahan dari sistem frekuensi multiplex access adalah :

1. Pada saat pentransmisian sinyal jika antara BTS terdapat kanal yang sama maka akan terjadi interfrensi yang menyebabkan kerusakan sinyal, sulitnya melakukan panggilan. Dengan kata lain sistem ini dapat terjadi interfrensi dari sesama BTS yang berdekatan.
2. Daya tahan terhadap gangguan baik noise maupun jarak tempuh lebih lemah dari pada komunikasi yang telah menggunakan sistem digital.
3. Dalam komunikasi ini juga harus memperhatikan beberapa hal seperti : line of side dan topologi bumi sehingga sinyal dapat berjalan baik ke receiver.
4. Fleksibilitas rendah : kalau ada rekonfigurasi kapasitas (=lebarpita) modifikasi diperlukan diTXR dan RXR (untuk saluran tersebut, untuk saluran bertetangga, filter dan peralatan lain mungkin perlu diubah).
5. Kapasitas berkurang drastic sejalan dengan penambahan jumlah carrier akibat noise intermodulasi dan back-off.
6. Perlunya pemerataan daya tiap saluran di TXR untuk menghindari capture effect (harus real time mengantisipasi pelemahan akibat hujan, awan tebal, dan sebagainya).

Keuntungan :

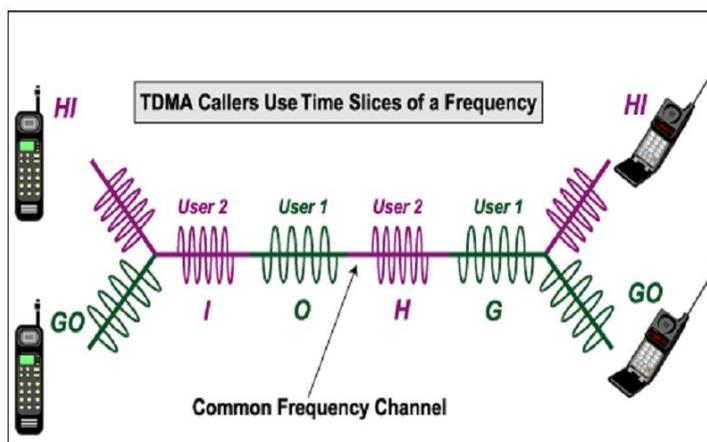
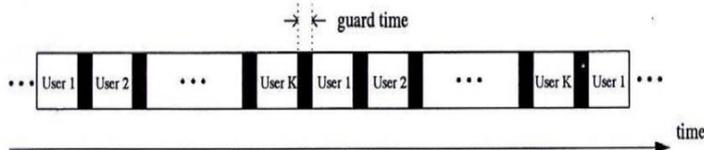
1. Sistem keseluruhan Sederhana : pengoperasian mudah, peralatan murah dan terbukti handal.
2. Dimensioning stasiun bumi kecil.

1. TDMA (Time Division Multiple Access)

Time Division Multiple Access (TDMA) diperkenalkan oleh Asosiasi Industri Telekomunikasi (*Telecommunications Industry Association*, TIA) yang terakreditasi oleh American National Standards Institute (ANSI), adalah teknologi transmisi digital yang mengalokasikan slot waktu yang unik untuk setiap pengguna pada masing-masing saluran, dan menjadi salah satu metode utama yang digunakan oleh jaringan digital telepon seluler untuk menghubungkan panggilan telepon. Sinyal digital dari jaringan digital dihubungkan ke pengguna tertentu untuk berhubungan dengan sebuah kanal frekuensi digital tersendiri tanpa memutuskannya dengan mengalokasikan waktu. TDMA juga merupakan

metode pengembangan dari FDMA yakni setiap kanal frekuensinya dibagi lagi dalam slot waktu sekitar 10 ms.

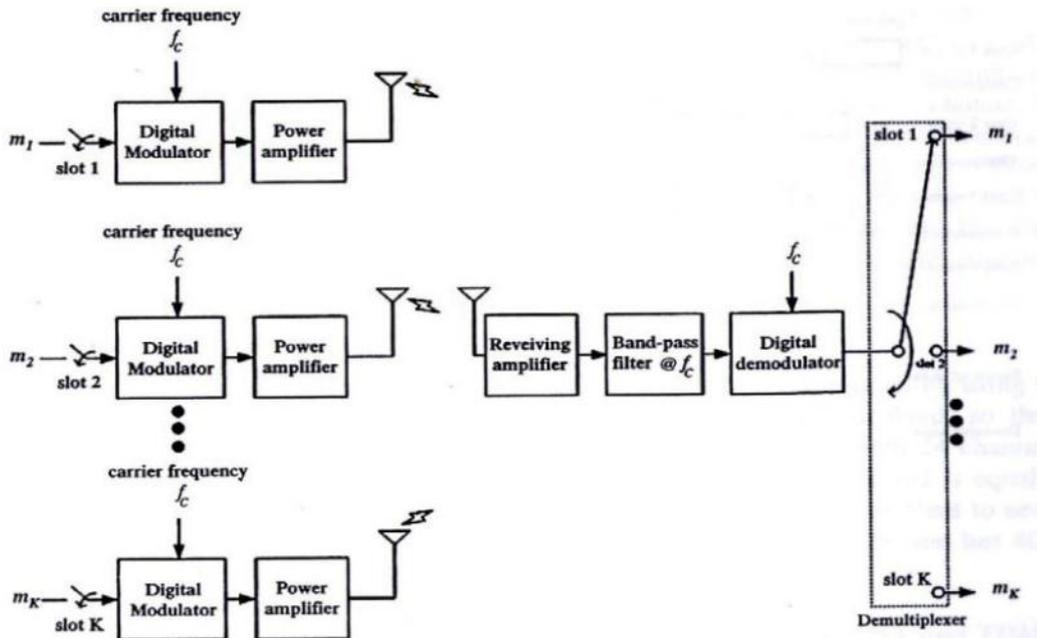
Pada sistem FDMA, domain frekuensi di bagi menjadi beberapa pita non-overlaping, oleh karena itu setiap pesan pengguna dapat dikirim menggunakan band yang ada tanpa ada inteferensi dari pengguna yang lain. Pada sistem *Time Division Multiple Access* (TDMA), setiap pengguna menggunakan pita frekuensi yang sama, tetapi domain waktu di bagi menjadi beberapa slot untuk setiap pengguna.

Pengguna 1 dapat mengirimkan data pada slot waktu untuk pengguna 1, pengguna 2 dapat mengirimkan berupa data pada slot waktu untuk pengguna 2, dan seterusnya. Perlu diingat bahwa sistem FDMA mengizinkan transmisi yang tidak teratur dalam domain waktu : tidak ada sinkronisasi waktu selama pengguna menghendaki. Keuntungannya adalah tidak berbagi dengan sistem TDMA dimana semua pemancar dan penerima harus memiliki akses pada waktu yang sama. Fitur penting dari teknik TDMA dan FDMA adalah bahwa beraneka ragam pengguna beroperasi dalam saluran non-interfering yang terpisah. Selain itu, saluran sebelumnya, pemancar dan penerima tidak ideal, kita mungkin memerlukan menyisipkan guard time antara antra slot waktu TDMA.

Gambar 4.17. System TDMA

Setiap daerah layanan dalam sistem telepon seluler dibagi menjadi beberapa kolom. Setiap kolomnya digunakan kurang lebih satu hingga tujuh kali dari kanal-kanal yang tersedia. Kolom telepon digital mengubah panggilan telepon menjadi digital sebelum berhubungan. Kolom ini menyediakan tempat yang besar dan dengan baik menaikkan kapasitas dari setiap kolom. TDMA mengambil setiap kanal dan membelahnya menjadi tiga kali celah. Setiap pembicaraan di telepon mendapat sinyal radio untuk satu hingga tiga kali, dan sistem tersebut secara cepat mengubah dari satu telepon ke telepon yang lain. Hal ini diserahkan ke time-division multiplexing. Karena sinyal digital sangat ditekan, pergantian di antara tiga pembicaraan yang berbeda di telepon disempurnakan dengan tidak menghilangkan informasi .

Hasilnya berupa sistem yang mempunyai tiga kali dari kapasitas sebuah sistem analog dan menggunakan kanal yang sama tanpa TDMA. Sebuah kolom yang menggunakan TDMA dapat menangani 168 penggilan yang tidak teratur secara menyeluruh. TDMA juga digunakan dalam GSM yang merupakan dasar dari PCS (*Personal Communication Service*). Dengan PCS, kanalnya dibagi menjadi delapan bagian. Pengoperasian TDMA membutuhkan kontrol outlink semua bagian pengatur yang berisi beberapa informasi kontrol. Pembawa outlink ini juga memiliki struktur bingkai yang menyediakan informasi waktu akurat untuk semua bagian pengontrol. Peralatan teleport sentral komputer VSAT mengatakan ke setiap situs slot waktu khusus untuk digunakan dalam struktur TDMA dan rencana informasi ini disiarkan ke semua bagian secara berkala. Rencana waktu ledakan mungkin sudah ditetapkan, sehingga setiap bagian mengalokasikan proporsi tertentu dari keseluruhan struktur waktu TDMA atau mungkin bersifat dinamis, dimana slot waktu yang ditempatkan, disesuaikan sebagai tanggapan terhadap kebutuhan lalu lintas setiap bagian.

Sebagai contoh dari sistem time division multiple access dapat dilihat pada gambar dibawah. Hal ini berdasarkan skenario uplink untuk sistem seluler, dimana seluruh pengguna K yang aktif ingin mengirim pesan ke base station. Semua pengguna yang aktif pada sistem ini menggunakan pita frekuensi yang sama dengan frekuensi tengah fc akan tetapi slot waktunya berbeda berdasarkan gambar diatas. Pengguna pertama mengirimkan pesan menggunakan slot pertama, Pengguna kedua mengirimkan pesan menggunakan slot kedua, dan seterusnya. Dengan daya penguat dan antena sinyal yang

dimodulasi dikirim melalui media udara menggunakan gelombang elektromagnetik. Untuk pengguna tertentu, pemancar dapat menggunakan mode daya yang rendah selama interval waktudari slot non-owing, sehingga dapat mengurangi konsumsi daya di pemancar.

Gambar 4.18. block diagram TDMA

Pada penerima, semua sinyal yang ditransmisikan digabung bersama di antena penerima. Selanjutnya, rangkaian penguat pada penerima digunakan untuk menguatkan sinyal yang diterima dari antena, dan tapis band-pass digunakan untuk menyaring keluar sinyal yang tidak dinginkan (*noise*). Setelah itu semua sinyal dari pengguna adalah non-overlapping dalam domain waktu, kita dapat menggunakan demodulator tunggal untuk memperoleh kembali pesan yang dikirim dari semua pengguna. Selanjutnya, pesan yang didemodulasi akan didistribusikan ke pengguna yang sesuai menggunakan demultiplexer. Multiplexer bekerja seperti switch. Jika keluaran dari demultiplexer diperoleh dari slot 1, selanjutnya switch mengarahkan ke output saluran dari pengguna 1, dan seterusnya. Oleh karena itu, semua pesan dari pengguna dapat di peroleh kembali pada sisi akhir penerima.

Pada sistem TDMA, pengguna k dapat mengirimkan berup data dalam slot waktu yang ditugaskan untuk pengguna k. Oleh karena itu, setiap pengguna data tidak ditransmisikan secara terus-menerus. Berdasar scenario ini, timbul

pertanyaan mengapa suara dapat ditransmisikan dan diterima secara terus menerus dalam sistem TDMA tanpa ada pembagian waktu. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan pembagian sinyal suara yang terus-menerus menjadi segmen kecil. Contoh, untuk empat orang pengguna pada sistem TDMA, asumsikan bahwa setiap slot menempati 1 ms. Selanjutnya setiap pengguna dapat menggunakan 1 slot setiap 4 ms. Sinyal suara selanjutnya dibagi dalam segmen masing-masing sebesar 4 ms. Setiap segmen selanjutnya mengubah dan dikompresi menjadi bentuk digital. Asumsikan bahwa total bits B dari data suara diproduksi untuk masing-masing segmen sinyal suara. Selanjutnya pemancar mengirim bit B selama waktu yang diperbolehkan yaitu 1 ms tiap slot, seperti terlihat pada gambar dibawah. Penerima menerima setiap data pengguna pada slot waktu yang sesuai dan merekonstruksi sinyal suara seperti yang disebutkan sebelumnya yaitu 4ms. Semua rekonstruksi segmen suara digabungkan dalam waktu, menghasilkan sinyal suara yang kontinu.

Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan TDMA dibanding teknologi telepon seluler lain

1. TDMA didesain untuk digunakan di setiap lingkungan dan situasi, dari penggunaan tanpa kabel di daerah bisnis ke pengguna yang sering bepergian pada kecepatan tinggi di jalan bebas hambatan (TOL).
2. Dapat dengan mudah disesuaikan dengan transmisi data serta komunikasi suara. TDMA menawarkan kemampuan untuk membawa kecepatan data dari 64 kbps sampai 120 Mbps (diperluas dalam kelipatan 64 kbps) yang memungkinkan operator untuk menawarkan komunikasi pribadi seperti faks, voiceband data, dan layanan pesan singkat (SMS) serta aplikasi yang membutuhkan “pitalebar” secara intensif seperti multimedia dan videoconference.
3. Tidak seperti teknik spread-spectrum yang dapat mengalami gangguan di antara para pengguna yang semuanya berada pada pita frekuensi yang sama dan berhubungan pada saat yang sama, teknologi TDMA memisahkan pengguna dalam waktu, agar tidak mengalami gangguan dari hubungan simultan lainnya.
4. TDMA menyediakan daya hidup baterai yang lama.

5. TDMA menjalankan pengisian penyimpanan di stasiun dasar-peralatan, ruang dan pemeliharaan, merupakan faktor penting sebagai ukuran pertumbuhan sel yang lebih kecil.
6. Biaya penggunaan TDMA sangat efektif untuk mengubah teknologi arus sistem analog ke digital.
7. TDMA adalah satu-satunya teknologi yang menawarkan pemanfaatan yang efisien struktur sel hirarkis (HCS) menawarkan piko, mikro, dan macrocells. HCS mencakup sistem yang akan disesuaikan untuk mendukung lalu lintas tertentu dan kebutuhan pelayanan, membuat sistem kapasitas lebih dari 40-kali AMPS dapat dicapai dengan biaya yang efisien.
8. Sistem layanan TDMA sesuai dengan penggunaan dual-mode handset, karena adanya kepentingan sesuai dengan sistem analog FDMA.

Kelemahan TDMA dari telepon seluler lain

1. Penggunaan dari celah waktu yang sudah ditetapkan membuat sulit untuk mengendalikan panggilan ke kolom berikutnya, menambah kemungkinan dari sebuah panggilan akan terputus ketika panggilan tersebut bergerak di antara kolom – kolom.
2. TDMA merupakan pokok dari penggabungan bagian-bagian distorsi, yang berdampak ketika potongan dari perbincangan melompat mengelilingi bangunan dan kesulitan lainnya seperti sikap pada saat perbincangan sampai pada telepon dari urutan.

Aplikasi TDMA

Sistem telepon Seluler GSM yang menggunakan teknologi TDMA *Global System for Mobile* atau GSM adalah generasi kedua dari standar sistem seluller yang tengah dikembangkan untuk mengatasi problem fragmentasi yang terjadi pada standar pertama di negara Eropa .GSM adalah sistem standar sellular pertama didunia yang menspesifikasikan *digital modulation* dan *network level architectures and service*.

Pada sistem GSM, frekuensi RF berada pada 900, 1800 dan 1900 MHz. Berarti bahwa setiap perusahaan yang menyediakan layanan GSM harus menggunakan frekuensi yang telah tersedia tersebut. Setiap saluran RF terdiri dari 124 sub saluran, dan setiap sub saluran memiliki bandwidth sekitar 0,2 MHz

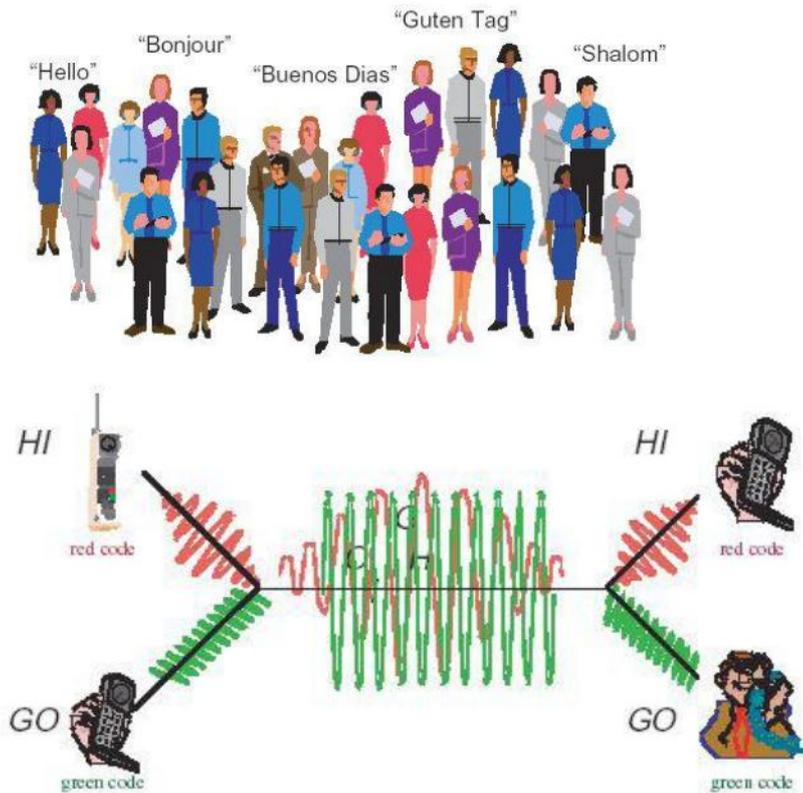
dengan 8 sistem TDMA. Sehingga masing-masing GSM memiliki bandwidth antara 124 x 0,2 ≈ 25 MHz. Masing-masing frekunsi pembawa dibagi menjadi 8 pengguna dalam mode TDMA. Kita dapat melihat bahwa total jumlah dari pengguna adalah 124 x 8 ≈ 1000. Kita dapat mengatakan bahwa sistem GSM menyediakan maksimal pengguna sebesar 1000 orang untuk mengakses satu base station. Sistem GSM menggunakan *Gaussian Minimal-Shift Keying* (GMSK), sebuah teknik yang serupa dengan teknik FSK untuk modulasi digital.

Digital Enhanced Cordless Telecomunication (DECT) menggunakan teknologi TDMA. Di rumah sering kita menjumpai telepon tanpa kabel. Sehingga, beberapa teknik komunikasi tanpa kabel harus digunakan. Sistem telepon tanpa kabel yang telah ada sebenarnya memperkenankan penghuni rumah tersebut untuk berkomunikasi satu sama lain. Oleh karena itu membutuhkan teknik multiplexing. Produk dari *Digital Enhanced Cordless Telecomunication* (DECT) sekarang dapat diterima secara luas diseluruh dunia untuk kepentingan dalam negeri, bisnis, industry dan aplikasi *wireless local loop*.

2. CDMA (Code division Multiple Access)

Dalam CDMA setiap pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan sandi unik yang saling ortogonal. Sandi-sandi ini membedakan antara pengguna satu dengan pengguna yang lain. Pada jumlah pengguna yang besar, dalam bidang frekuensi yang diberikan akan ada banyak sinyal dari pengguna sehingga interferens akan meningkat. Kondisi ini akan menurunkan unjuk-kerja sistem. Ini berarti, kapasitas dan kualitas sistem dibatasi oleh daya interferens yang timbul pada lebar bidang frekuensi yang digunakan.

CDMA merupakan akses jamak yang menggunakan prinsip komunikasi spectrum tersebar. Isyarat bidang dasar yang hendak dikirim disebar dengan menggunakan isyarat dengan lebar bidang yang besar yang disebut sebagai isyarat penyebar (spreading signal). Metode ini dapat dianalogikan dengan cara berkomunikasi dalam satu ruangan yang besar. Setiap pasangan dapat berkomunikasi secara bersama-sama tetapi dengan bahasa yang berbeda, sehingga pembicaraan pasangan satu bisa dianggap seperti suara kipas bagi pengguna yang lain, karena tidak diketahui maknanya. Pada saat banyak yang berkomunikasi maka ruangan menjadi bising. Kondisi ini membuat ruangan

menjadi tidak kondusif lagi untuk berkomunikasi. Oleh karena itu, jumlah yang berkomunikasimharus dibatasi. Agar jumlah yang berkomunikasi bisa maksimal maka kuat suara tiap pembicara tidak boleh terlalu keras.

Gambar 4.19. Analogi dan cara kerja CDMA

Sistem transmisi spektrum tersebar adalah sebuah teknik yang mentransmisikan suatu isyarat dengan lebar bidang frekuensi tertentu menjadi suatu isyarat yang memiliki lebar bidang frekuensi yang jauh lebih besar. Aliran data asli dikalikan secara biner dengan sandi penyebar yang memilki lebar bidang yang jauh lebih besar daripada isyarat asal. Bit-bit dalam sandi penyebar dikenal dengan chip untuk membedakannya dengan bit-bit dalam aliran data yang dikenal dengan simbol.

Setiap pengguna memiliki sandi penyebar yang berbeda dengan pengguna yang lain. Sandi yang sama digunakan pada kedua sisi kanal radio, menyebarkan isyarat asal menjadi isyarat bidang lebar, dan mengawasebarkan kembali isyarat bidang lebar menjadi isyarat bidang sempit asal. Nisbah antara lebar bidang transmisi dengan lebar bidang isyarat asal dikenal dengan processing gain. Secara sederhana, processing gain menunjukkan berapa buah

chip yang digunakan untuk menyebarkan sebuah simbol data. Sandi-sandi penyebar bersifat unik, jika seorang pengguna telah mengawasebarkan isyarat bidang lebar yang diterima, isyarat yang dibawasebarkan hanyalah isyarat dari pengirim yang memiliki sandi penyebar yang sama.

Sebuah sandi penyebar memilki korelasi-silang yang rendah dengan sandi penyebar yang lain. Jika sebuah sandi benar-benar ortogonal, maka korelasi-silang antara sebuah sandi dengan sandi yang lainnya adalah nol. Hal ini berarti beberapa isyarat bidang lebar dapat menggunakan frekuensi yang sama tanpa adanya interferens satu sama lain.

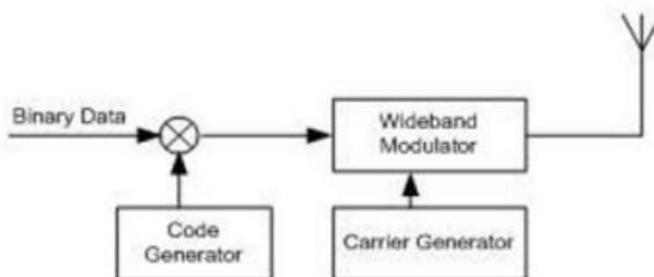
Energi isyarat bidang lebar disebarkan sepanjang lebar bidang yang amat besar sehingga dapat dianggap sebagai derau jika dibandingkan dengan isyarat aslinya atau dengan kata lain memiliki power spectral density yang rendah. Ketika sebuah isyarat bidang lebar dikorelasikan dengan sandi penyebar tertentu, hanya isyarat dengan sandi penyebar yang sama yang akan diawasebarkan, sedangkan isyarat dari pengguna lain akan tetap tersebar.

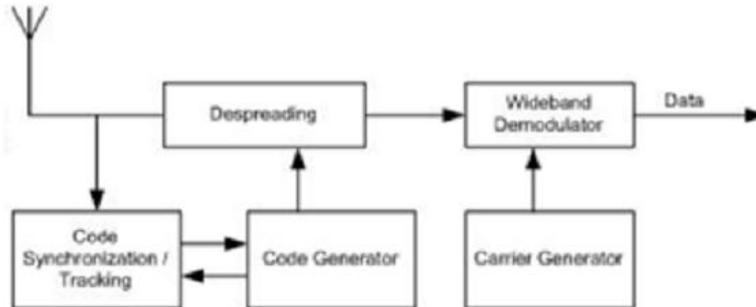
Sistem spektrum tersebar memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sistem sistem lain yang telah ada sebelumnya,

1. Dapat bertahan pada lingkungan dengan pudaran lintasan jamak yang tinggi karena isyarat CDMA bidang lebar memiliki sandi penyebar dengan sifat korelasi-diri yang baik.
2. Dapat mengirimkan informasi dengan daya yang kecil sehingga memungkinkan peralatan yang kecil sekaligus juga dengan daya baterai yang lebih tahan lama.
3. Dapat mengurangi interferens dengan baik karena pada saat terjadinya proses pengawasebaran pengganggu akan mengalami proses sebaliknya sehingga dayanya akan lebih kecil dibandingkan isyarat asli.
4. Dapat menghindari penyadapan karena menggunakan sandi unik yang mirip derau dengan spectrum frekuensi yang amat lebar.
5. Dapat melakukan kemampuan panggilan terpilih (selective calling capability).
6. Dapat melakukan penjamakan pembagian sandi sehingga dimungkinkan untuk akses jamak dengan kapasitas yang lebih besar.

Teknik Modulasi Sistem Spektrum Tersebar

CDMA (*Code Division Multiple Access*), menggunakan teknologi spread spectrum untuk mengedarkan sinyal informasi yang melalui bandwith yang lebar (1,25 MHz). Teknologi ini asalnya dibuat untuk kepentingan militer, menggunakan kode digital yang unik, lebih baik daripada channel atau frekuensi RF. Ada beberapa teknik modulasi yang dapat digunakan untuk menghasilkan spektrum sinyal tersebar antara lain Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS) dimana sinyal pembawa informasi dikalikan secara langsung dengan sinyal penyebar yang berkecepatan tinggi, Frequency Hopping Spred Spectrum (FH-SS) dimana frekuensi pembawa sinyal informasi berubah-ubah sesuai dengan deretan kode yang diberikan dan akan konstan selama periode tertentu yang disebut T (*periode chip*). *Time Hopping Spread Spectrum* (THSS) dimana sinyal pembawa informasi tidak dikirimkan secara kontinu tetapi dikirimkan dalam bentuk short burst yang lamanya burst tergantung dari sinyal pengkodeannya, dan hybrid modulation yang merupakan gabungan dari dua atau lebih teknik modulasi di atas yang bertujuan untuk menggabungkan keunggulan masing-masing teknik. Teknik modulasi yang paling banyak dipakai saat ini, termasuk pada system CDMA2000 1x, adalah *Direct Sequence Spread Spectrrum* (DS-SS) karena realisasinya lebih sederhana dibandingkan teknik modulasi lainnya.

Pada DS-SS, sinyal pembawa didemodulasi secara langsung oleh data terkode yang merupakan deretan data yang telah dikodekan dengan deretan kode berkecepatan tinggi yang dibangkitkan oleh suatu Pseudo Random Generator (PRG) dan memiliki karakteristik random semu karena dapat diprediksi dan bersifat periodik. Sinyal yang telah tersebar ini kemudian dimodulasi dengan menggunakan teknik modulasi BPSK, QPSK, atau MSK. Pada sistem CDMA2000 1x digunakan teknik modulasi QPSK.

Gambar 4.20. Blok diagram pemancar DS-SS

Sedangkan pada sisi penerima, DS-SS terdiri dai tiga bagian utama yaitu demodulator, despreader dan blok sinkronisasi deret kode.

Gambar 4.21. Blok diagram penerima DS-SS

Ketika sinkronisasi deret kode telah tercapai antara pengirim dan penerima (akuisisi dan code trackling loop telah berjalan sempurna), maka dilakukan proses despreading sinyal DS-SS. Dan dengan asumsi bahwa beda fasa pada frekuensi pembawa lokal antara pengirim dan penerima dapat dihilangkan dengan carrier recovery maka sinyal informasi yang sebenarnya akan dapat diperoleh kembali.

Keuntungan CDMA

Teknologi CDMA sendiri memiliki berbagai keuntungan jika diaplikasikan dalam sistem seluler. Keuntungan-keuntungan tersebut antara lain :

1. Hanya membutuhkan satu frekuensi yang dibutuhkan untuk beberapa sektor/cell.
2. Tidak membutuhkan equalizer untuk mengatasi gangguan spektrum sinyal
3. Dapat bergabung dengan metode akses lainnya, tidak membutuhkan penghitung waktu (*guard time*) untuk melihat rentang waktu dan penjaga pita (*guard band*) untuk menjaga intervensi antarkanal.
4. Tidak membutuhkan alokasi dan pengelolaan frekuensi.
5. Memiliki kapasitas yang halus untuk membatasi para pengguna akses.
6. Memiliki proteksi dari proses penyadapan.

Penggunaan di dalam telepon bergerak

Sejumlah istilah yang berbeda digunakan untuk mengacu pada penerapan CDMA. Standar pertama yang diprakarsai oleh QUALCOMM dikenal sebagai IS-95, IS mengacu pada sebuah Standar Interim dari Asosiasi Industri

Telekomunikasi (*Telecommunications Industry Association, TIA*) yang terakreditasi oleh American National Standards Institute (ANSI)[1]. IS-95 sering disebut sebagai 2G atau seluler generasi kedua. Merk dagang cdmaOne dari QUALCOMM juga digunakan untuk menyebut standar 2G CDMA. Setelah beberapa kali revisi, IS-95 digantikan oleh standar IS-2000. Standar ini diperkenalkan untuk memenuhi beberapa kriteria yang ada dalam spesifikasi IMT-2000 untuk 3G, atau selular generasi ketiga. Standar ini juga disebut sebagai 1xRTT yang secara sederhana berarti "1 times Radio Transmission Technology" yang mengindikasikan bahwa IS-2000 menggunakan kanal bersama 1.25-MHz sebagaimana yang digunakan standar IS-95 yang asli. Suatu skema terkait yang disebut 3xRTT menggunakan tiga kanal pembawa 1.25-MHz menjadi sebuah lebar pita 3.75-MHz yang memungkinkan laju letupan data (data burst rates) yang lebih tinggi untuk seorang pengguna individual, namun skema 3xRTT belum digunakan secara komersil. Yang terbaru, QUALCOMM telah memimpin penciptaan teknologi baru berbasis CDMA yang dinamakan 1xEV-DO, atau IS-856, yang mampu menyediakan laju transmisi paket data yang lebih tinggi seperti yang dipersyaratkan oleh IMT-2000 dan diinginkan oleh para operator jaringan nirkabel. System CDMA QUALCOMM meliputi sinyal waktu yang sangat akurat (biasanya mengacu pada sebuah receiver GPS pada stasiun pusat sel (cell base station)), sehingga jam berbasis telepon seluler CDMA adalah jenis jam radio yang semakin populer untuk digunakan pada jaringan komputer. Keuntungan utama menggunakan sinyal telepon seluler CDMA untuk keperluan jam referensi adalah bahwa mereka akan bekerja lebih baik di dalam bangunan, sehingga menghilangkan kebutuhan untuk memasang sebuah antena GPS di luar bangunan. Yang juga sering dikacaukan dengan CDMA adalah W-CDMA. Teknik CDMA digunakan sebagai prinsip dari antarmuka udara W-CDMA, dan antarmuka udara W-CDMA digunakan di dalam Standar 3G global UMTS dan standar 3G Jepang FOMA, oleh NTT DoCoMo and Vodafone; namun bagaimanapun, keluarga standar CDMA (termasuk cdmaOne dan CDMA2000) tidaklah compatible dengan keluarga standar W-CDMA. Aplikasi penting lain daripada CDMA, mendahului dan seluruhnya berbeda dengan seluler CDMA, adalah Global Positioning System, GPS.

C. RANGKUMAN

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (*bit stream*) ke dalam sinyal pembawa. Modulasi digital sebenarnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang sinyal pembawa sedemikian rupa sehingga bentuk hasilnya (sinyal pembawa modulasi) memiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1).

Kelebihan modulasi digital dibandingkan modulasi analog adalah :

1. Teknologi digital mempunyai suatu sinyal dalam bentuk digital yang mampu mengirimkan data yang berbentuk kode binari (0 dan 1).
2. Sinyal digital juga mampu mengirimkan data lebih cepat dan tentunya dengan kapasitas yang lebih besar dibandingkan sinyal analog.
3. Memiliki tingkat kesalahan yang kecil, dibanding sinyal analog 4.Data akan utuh dan akan lebih terjamin pada saat dikirimkan atau ditransmisikan di bandingkan modulasi analog.
5. Lebih stabil dan tidak terpengaruh dengan pengaruh cuaca.

Kelemahan modulasi digital ini adalah sebagai berikut:

1. Modulasi digital termasuk yang mudah error
2. Bila terjadi gangguan maka sistemnya akan langsung berhenti

Amplitudo Shift Keying (ASK) merupakan jenis modulasi digital yang paling sederhana, dimana sinyal carrier dimodulasi berdasarkan amplitude sinyal digital. *Amplitudo Shift Keying* (ASK) dalam konteks komunikasi digital adalah proses modulasi, yang menanamkan untuk dua atau lebih tingkat amplitudo diskrit sinusoid.

Amplitude Shift Keying (ASK) adalah modulasi yang menyatakan sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan tertentu (misalnya 1 Volt) dan sinyal digital 0 sebagai sinyal digital dengan tegangan 0 Volt. Sinyal ini yang kemudian digunakan untuk menyala-mati-kan pemancar, kira-kira mirip sinyal morse.

Frekuensi Shift Keying (FSK) adalah dimana frekuensi carrier diubah-ubah harganya mengikuti harga sinyal pemodulasinya (analog) dengan amplitude pembawa yang tetap. Jika sinyal yang memodulasi tersebut hanya mempunyai dua harga tegangan 0 dan 1 (biner/ digital), maka proses modulasi tersebut dapat diartikan sebagai proses penguncian frekuensi sinyal.

Dalam system FSK (*Frequency Shift Keying*), maka simbol 1 dan 0 ditransmisikan Secara berbeda antara satu sama lain dalam satu atau dua buah sinyal sinusoidal yang berbeda besar frekuensi nya.

Phase Shift Keying (PSK) atau pengiriman sinyal digital melalui pergeseran fasa. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi fasa yang memungkinkan fungsi pemodulasi fasa gelombang termodulasi di antara nilai nilai diskrit yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pada sistem modulasi *Phase Shift Keying* (PSK), sinyal gelombang pembawa sinusoidal dengan amplitudo dan frekuensi yang dapat digunakan untuk menyatakan sinyal biner “1” dan “0”, tetapi untuk sinyal “0” fasa gelombang pembawa tersebut digeser 180^{o}.

Differensial Phase Shift Keying (DPSK), adalah sebuah bentuk umum modulasi fasa untuk mengirimkan data dengan mengubah fasa dari gelombang pembawa. Dalam Phase Shift Keying, ketika bernilai high “1” hanya berisi satu siklus tapi Differensial Phase Shift Keying (DPSK) mengandung satu setengah siklus.

FDMA (*Frequency-Division Multiple Access*) adalah modulasi frekuensi radio memungkinkan beberapa pengiriman untuk berdampingan pada waktu dan ruang tanpa saling mengganggu oleh penggunaan frekuensi pembawa yang berbeda.

Dalam FDMA frekuensi dibagi menjadi beberapa kanal frekuensi yang lebih sempit. Tiap pengguna akan mendapatkan kanal frekuensi yang berbeda untuk berkomunikasi secara bersamaan. Pengalokasian frekuensi pada FDMA bersifat eksklusif karena kanal frekuensi yang telah digunakan oleh seorang pengguna tidak dapat digunakan oleh pengguna yang lain.

FDMA adalah pembagian pita frekuensi yang dialokasikan untuk nirkabel telepon selular komunikasi ke dalam 30 saluran, masing-masing dapat membawa percakapan suara atau, dengan layanan digital, membawa data digital.

Time Division Multiple Access (TDMA) diperkenalkan oleh Asosiasi Industri Telekomunikasi (*Telecommunications Industry Association*, TIA) yang terakreditasi oleh American National Standards Institute (ANSI), adalah teknologi transmisi digital yang mengalokasikan slot waktu yang unik untuk setiap pengguna pada masing-masing saluran, dan menjadi salah satu metode utama

yang digunakan oleh jaringan digital telepon seluler untuk menghubungkan panggilan telepon.

Sistem telepon Seluler GSM yang menggunakan teknologi TDMA *Global System for Mobile* atau GSM adalah generasi kedua dari standar sistem seluller yang tengah dikembangkan untuk mengatasi problem fragmentasi yang terjadi pada standar pertama di negara Eropa .GSM adalah sistem standar sellular pertama didunia yang menspesifikasikan *digital modulation* dan *network level architectures and service*.

Dalam CDMA setiap pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan sandi unik yang saling ortogonal. Sandi-sandi ini membedakan antara pengguna satu dengan pengguna yang lain. Pada jumlah pengguna yang besar, dalam bidang frekuensi yang diberikan akan ada banyak sinyal dari pengguna sehingga interferens akan meningkat.

CDMA (*Code Division Multiple Access*), menggunakan teknologi spread spectrum untuk mengedarkan sinyal informasi yang melalui bandwith yang lebar (1,25 MHz). Teknologi ini asalnya dibuat untuk kepentingan militer, menggunakan kode digital yang unik, lebih baik daripada channel atau frekuensi RF.

D. TUGAS

1. Bentuklah satu kelompok diskusi yang terdiri dari 5 siswa.
2. Diskusikan apa kelemahan dan kelebihan antara modulasi AM dan FM !
3. Diskusikan juga perbedaan dan keuntungan serta kekurangan modulasi ASK, FSK dan PSK.
4. Buat laporan dari diskusi kalian.

E. TES FORMATIF

1. Jelaskan dengan singkat apa yang dimaksud dengan ASK !.
2. Sebutkan kelebihan modulasi digital dibandingkan modulasi analog yang anda ketahui !.
3. Sebutkan kelemahan modulasi digital yang anda ketahui !.
4. Jelaskan dengan singkat apa yang dimaksud dengan FSK !.
5. Pengiriman sinyal digital melalui pergeseran fasa terjadi pada model pemodulasian apa ?

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

2 ....
....
....
....

3 ....
....

3.1 KEGIATAN BELAJAR 5

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

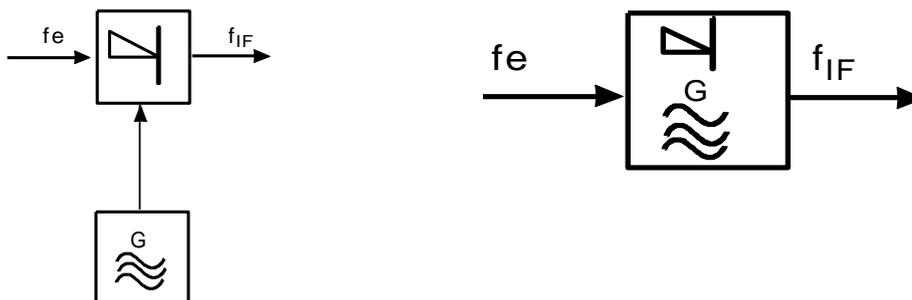
Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

Menerapkan macam-macam rangkaian Osilator dan sintesizer sistem radio

B. MATERI

OSILATOR

Osilator adalah bagian yang membangkitkan sumber gelombang listrik sinusoidal, kebanyakan untuk jenis radio penerima menggunakan osilator LC yang ditala, dengan begitu frekwensi osilasinya ditentukan oleh kombinasi rangkaian LC tersebut, perubahan frekwensi dengan cara mengatur Variabel Kapasitornya atau Variabel induktornya.

Radio super heterodin memerlukan osilator untuk membangkitkan frekuensi antara. Osilator ini dapat berdiri sendiri atau menyatu dengan pencampur.

Gambar 5.1. Blok osilstor dan penyampur

Untuk mencampur dengan sistim pengali (multikatip) menggunakan rangkaian osilator yang tersendiri. Sedang pencampur dengan sistim penjumlah yang sederhana biasa digunakan osilator yang menyatu.

Gambar 5.2. memperlihatkan rangkaian pencampur dengan tansistor T yang sekaligus sebagai osilator, pencampur ini disebut PENCAMPUR YANG BEROSILASI SENDIRI, yang bekerja dengan dasar pencampur penjumlahan.

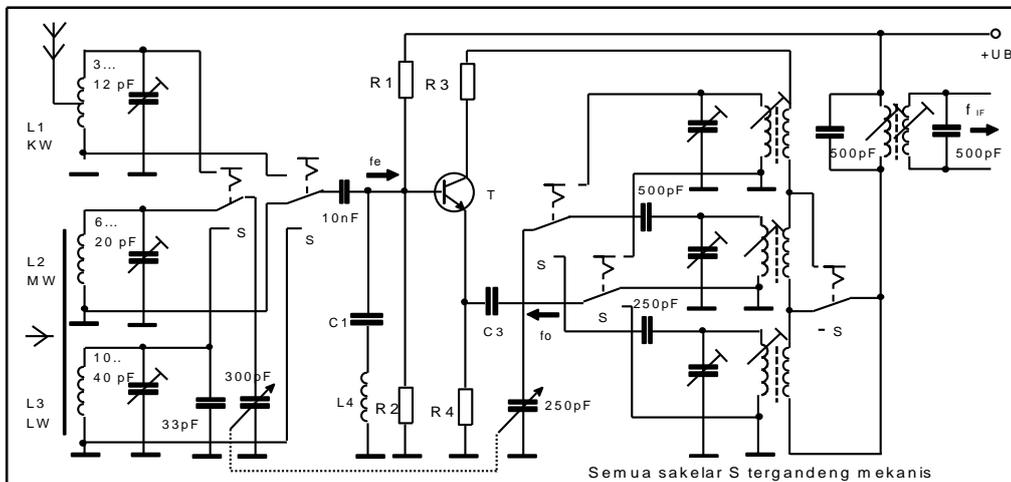
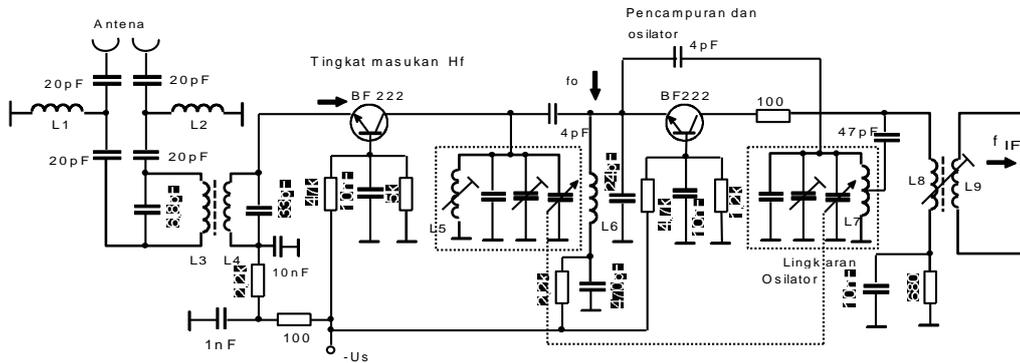
Untuk sinyal masukan, transistor T bekerja dalam rangkaian EMITOR BERSAMA, dan titik kerjanya diatur oleh *R1* dan *R2*. Melalui tap kumparan sinyal masukan sampai di basis transistor . Melalui tahanan masukan yang kecil ini di transformasikan keatas sehingga rangkaian resonator hanya sedikit diredam.

Kapasitor trimer digunakan untuk penyesuaian dengan band frekuensi. C1 dan L4 yang beresonansi pada 460 kHz (f IF) untuk menghilangkan gangguan yang berasal dari frekuensi antara.

Tegangan osilator sampai emitor T melalui C3.

Pencampuran dicapai pada dioda basis emitor, frekuensi osilator lebih tinggi dari frekuensi masukan , sehingga tahanan arus bolak-balik pada masukan dapat DIABAIKAN oleh sinyal dari osilator.

Untuk osilator, transistor bekerja dalam rangkaian BASIS BERSAMA . Sehingga sinyal masukan dan keluaran SEPASA. Kumparan osilator harus dipasang sedemikian rupa sehingga pasanya tidak berubah.

Untuk membatasi daerah frekuensi dipasang kapasitor seri dengan kumparan untuk MW = 500 pF, LW = 250 pF. Pada gambar tersebut adalah sebuah contoh penerima radio AM 3 Band, LW (*long wave*), MW (*medium Wave*) dan SW (*Short wave*) , hasil yang didapatkan dari rangkaian ini tidak bisa sebagus rangkaian dengan osilator dan mixer yang independen, terutama masalah selektifitasnya.

Gambar 5.2. Rangkaian Osilator dan pencampur

Gambar 5.3. Osilator dan pencampur terpisah pada FM

Gambar diatas memperlihatkan "TUNER" FM dengan pencampur berosilasi sendiri, nampak pada bagian kiri adalah rangkaian penala yang berupa band pass filter yang hanya meloloskan frekwensi antara 88Mhz sampai dengan 108 MHz, penala ini dibangun oleh komponen L1, L2 , L3, L4 dan beberapa C pada blok tersebut, outputnya diumpankan pada penguat dengan konfigurasi comon basis, penguat ini dikhususkan untuk menguatkan awal signal RF (carier) yang istilah lain juga dikatakan front end, penguat ini hanya cocok untuk menguatkan tegangan.

Bagian output penguat ini ditala secara serempak dengan osilatornya yang frekwensinya ditentukan oleh komponen komponen dalam blok kotak osilator, transistor ke2 BF222 berfungsi ganda, sebagai osilator dan sebagai mixer, kedua sinyal tersebut diumpankan pada emitor Tr2, dan outputnya ditala oleh rangkaian resonator melalui L8 dan L9, yang menghasilkan frekwensi IF sesuai standard yang telah ditentukan, nampak pada gambar 5.7 adalah bagian penala pada penerima FM dengan frekwensi IF sebesar 10,7 Mhz Contoh rangkaian dengan osilator pisah, diperlihatkan oleh gambar 5.9 dan 5.10 transistor pencampur bekerja dengan prinsip PENJUMLAHAN. Rangkaian osilator dibangun dengan transistor T2 membentuk rangkaian TITIK TIGA INDUKTIP (HARTLEY) dalam rangkaian BASIS BERSAMA. Selain rangkaian gambar 5.9 dan 5.10 masih terdapat bermacam rangkaian osilator baik dengan transistor maupun transistor efek medan (FET).

Gambar 5.4. Osilator dan pencampur terpisah pada MW

Gambar 5.5. Rangkaian lengkap Osilator dan pencampur

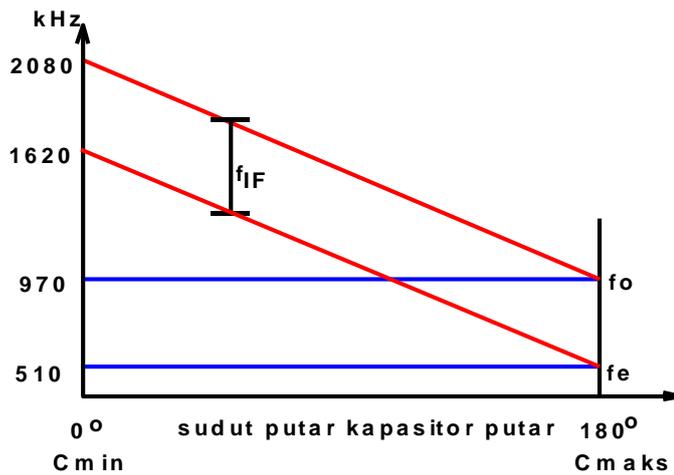
Frekuensi Osilator

Untuk mendapatkan frekuensi osilator dapat lebih tinggi atau rendah, oleh karena itu pada suatu pengaturan osilator tertentu dapat didengar dua pemancar. Pemancar yang diinginkan terletak lebih rendah sekitar f_{IF} dari frekuensi osilator , pemancar yang menggaggu terletak lebih tinggi sekitar f_{IF} dari frekuensi osilator.

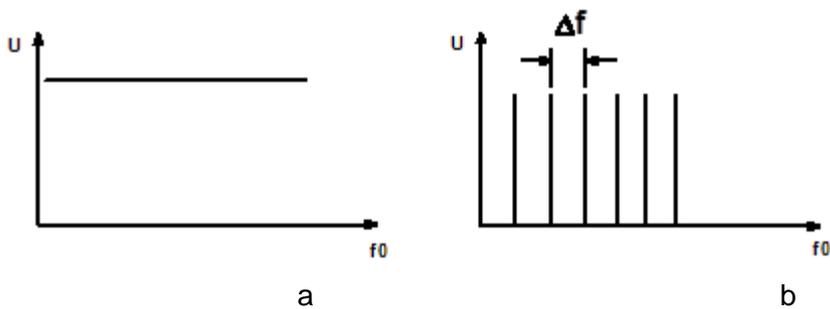
Gambar 5.6. Frekuensi osilator

Frekuensi ini disebut frekuensi bayangan fs

$f_s = f_e + 2.f_{IF}$

Untuk membuat besar frekuensi antara, tetap pada semua frekuensi penerimaan diperlukan osilator yang frekuensinya berubah. Perubahan frekuensi osilator harus serempak dengan oerubahan frekuensi penerimaaan.

Gambar 5.7. Grafik hubungan kapasitor dengan tinggi frekuensi osilator

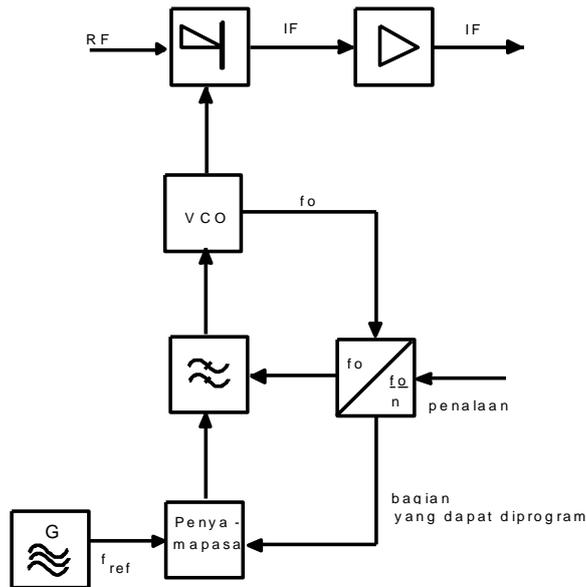
2. SINTESIZER

Dengan kapasitor variabel dan dioda kapasitor dapat merubah frekuensi osilator secara KONTINYU . Dalam tuner sythensizer, perubahan frekuensi dapat dicapai dalam interval yang kecil (tuner adalah pesawat penerima tanpa penguat AF).

Gambar 5.8. Model Penalaan

gambar 5.8a , penalaan pada kapasitor variabel

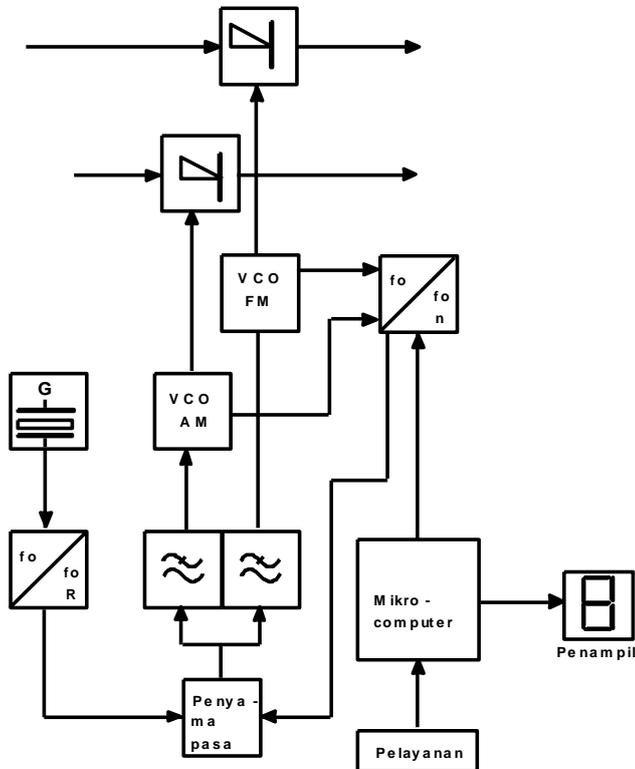
gambar 5.8b , penalaan pada tuner synthesizer

Tuner - synthesizer mempunyai kelebihan dalam hal pelayanan dibanding tuner model lama seperti :

◊ Penerimaan pemancar dapat diprogram secara tepat dalam melacak suatu pemancar dapat dilakukan dengan mudah
◊ Penalaan dapat dilakukan oleh komputer mikro

Gambar 5.9. Osilator sintesizer

Gambar diatas menunjukkan penyederhanaan osilator sebuah tuner syntesizer dengan rangkaian PLL (phase lock loop). Kemudian saat pada daerah penerimaan frekuensi osilator dibagi (perbandingan dalam pembagian dapat diprogram) kemudian disamakan dengan osilator kristal dalam penyama pasa. Saat terjadi penyimpangan frekuensi akan dihasilkan TEGANGAN PENGATUR yang kemudian digunakan untuk mengendalikan OSILATOR VCO (voltage controlled oscillator= osilator yang frekuensinya diatur tegangan) setelah melalui pelalu bawah dengan cara itu VCO diserempakan dengan osilator kristal.

Dengan mengubah besaran pembagi, frekuensi osilator VCO akan BERUBAH pula. Dengan berubahnya frekuensi osilator yang dibarengi dengan perubahan FREKUENSI RESONANSI pada tingkat depan maka berubah pula FREKUENSI PENERIMAAN. Frekuensi referensi biasanya untuk AM = 1 khz; 0,5 khz, FM = 25khz; 10khz, dan TV = 125 khz; 62,5 khz Biasanya digunakan osilator kristal dengan frekuensi dalam satuan Mega Hertz,. Untuk mendapatkan

frekuensi referensi diperlukan pembagian frekuensi dengan besaran tetap untuk tiap band.

Gambar 5.10. Blok sintesizer

Karena frekuensi referensi untuk FM dan AM berbeda sangat besar, sehingga tetapan waktunya berbeda pula, maka diperlukan dua filter pelalu bawah. Misal frekuensi kristal = 4 MHz maka: pembagi R untuk FM =

$$\frac{4\,MHz}{25kHz} = 160$$

R untuk AM =

$$\frac{4\,MHz}{0{,}5kHz} = 8000$$

Pembagi frekuensi osilator VCO; N min untuk FM =

$$\frac{fe_{min} + f}{f_{ref}} = \frac{87{,}5\,MHz + 10{,}7\,MHz}{25\,kHz} = 3928$$

N mak untuk FM =

$$\frac{fe_{min} + f}{f_{ref}} = \frac{108\,MHz + 10{,}7\,MHz}{25\,kHz} = 4748$$

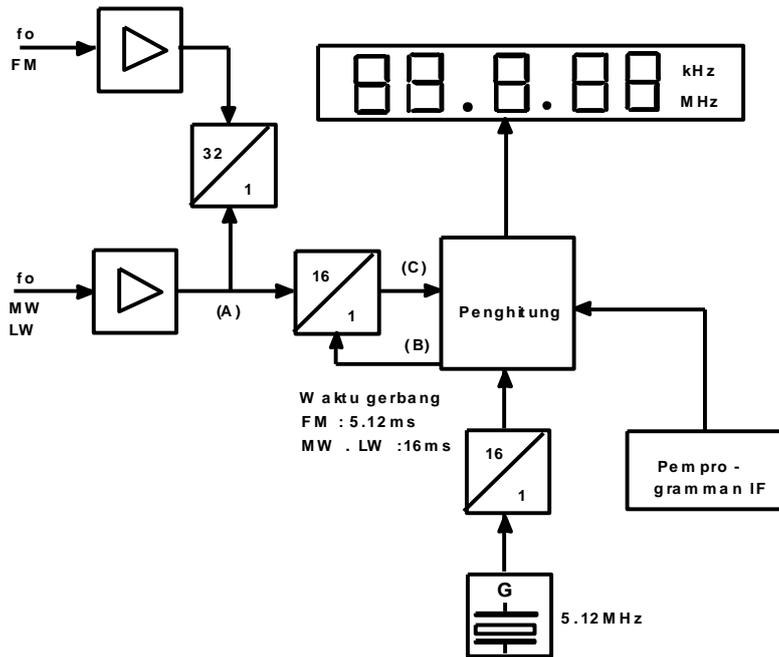
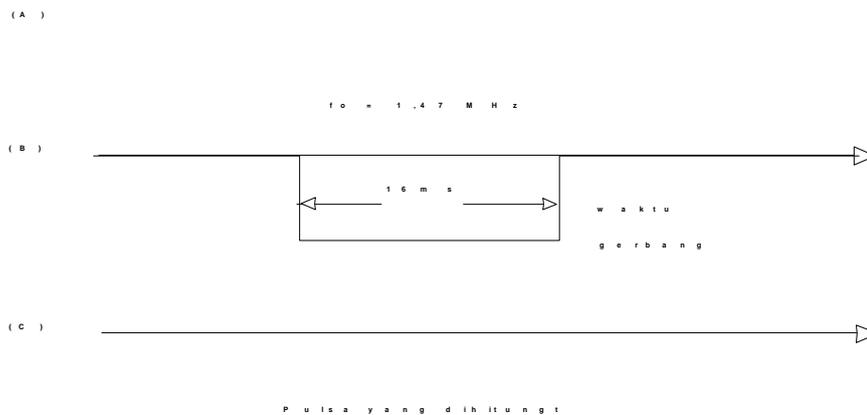
N min untuk AM = 1940 (MW) dan 1220 (LW)

N mak untuk AM = 4160 (MW) dan 1620 (LW) dengan f IF = 470 KHz

Untuk tiap frekuensi penerimaan yang diinginkan diperlukan besar pembagi N yang berlainan. Tugas pembagian diambil alih oleh komputer mikro, selain itu komputer mikro juga mengambil alih dalam hal :

- Pengendalian PENAMPIL FREKUENSI
- MENYIMPAN frekuensi stasiun pemancar
- Pengendalian ELEMEN PENAMPIL LAINNYA
- Pengendalian saklar ; band FM, MW, LW, saklar Mono/ stereo, pemati (muting)
- Pemogram saat hidup dan mati
- Penampil waktu
- dan sebagainya]

Penampil frekuensi

Penampil frekuensi dengan peraga 7 segmen dapat menunjukkan frekuensi penerimaan secara tepat dibanding dengan sistem jarum penunjuk

Gambar 5.11. Penala dengan penampil frekuensi

Gambar 5.12. Prinsip penampil frekwensi

Besaran ukur diambil dari frekuensi OSILATOR pada penerima FM, fo dibagi dua kali, (32 dan 16) sedang pada AM, fo hanya dibagi dengan 16. Penghitung mengirim waktu gerbang untuk proses perhitungan , yang besarnya 16 ms untuk AM dan 51,2 ms untuk FM. Hanya sinyal dalam waktu gerbang saja yang dihitung.

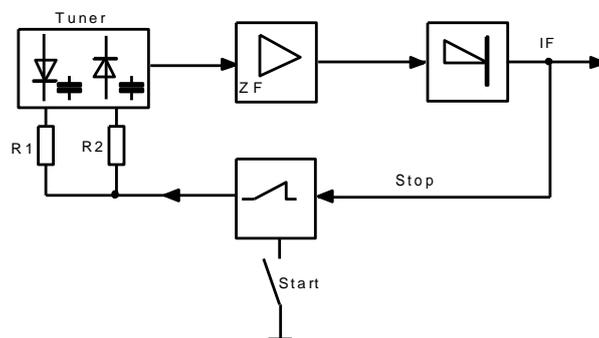
Contoh : frekuensi penerimaan 1 MHz, fo = 1,47 MHz kemudian frekuensi ini dibagi dengan 16 sama dengan 91,875 KHz.

Selama waktu gerbang terdapat :

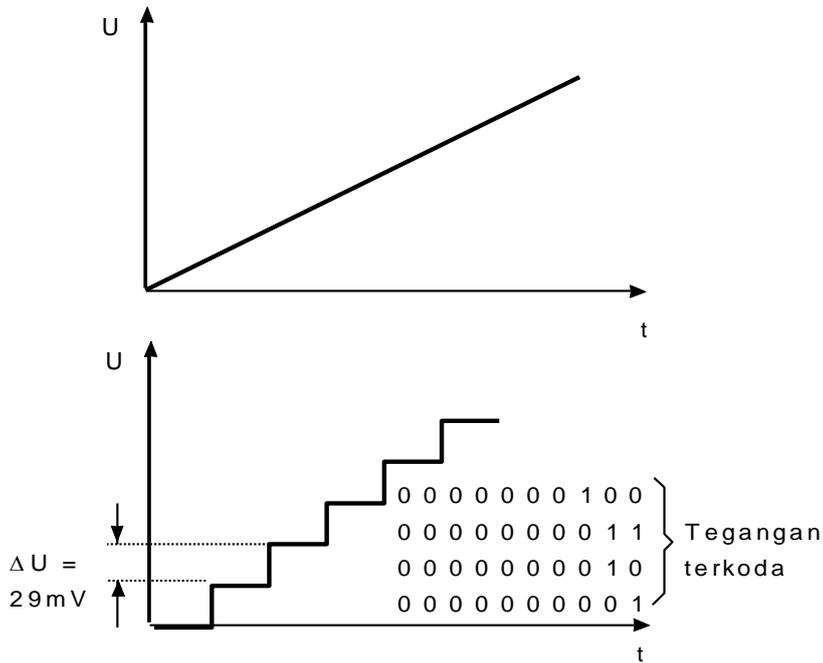
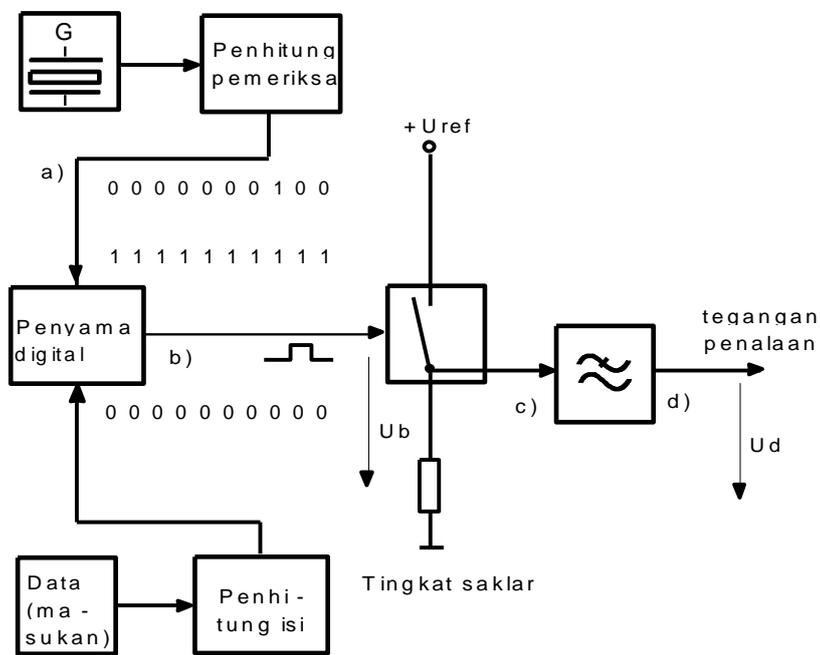
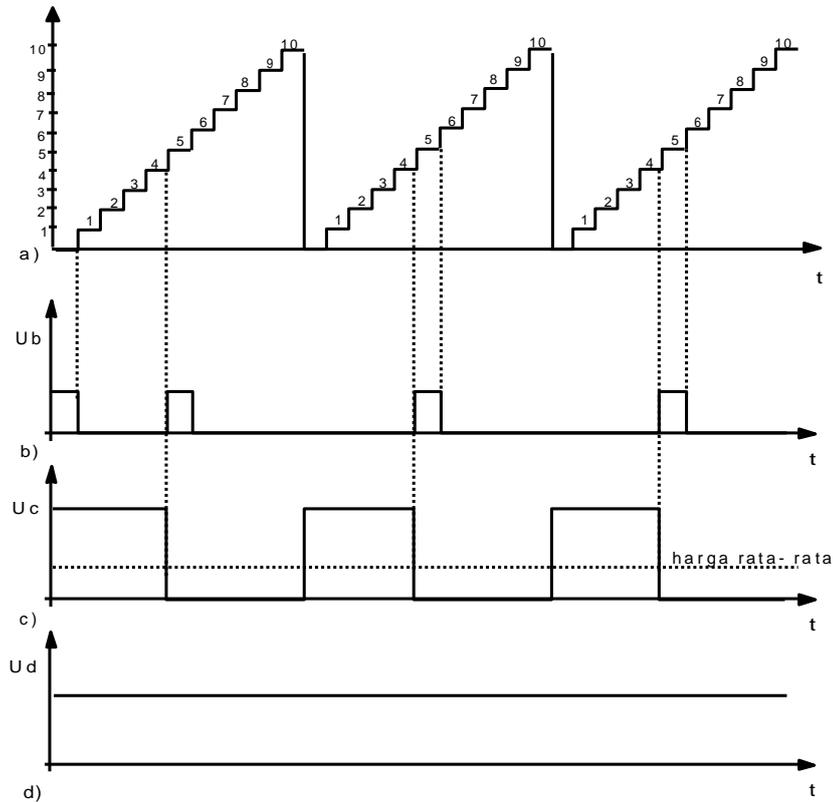
$$\frac{16mS}{1000} x 91{,}875 kHz = 1470 \text{ sinyal}$$

Penghitung tidak akan menghitung frekuensi osilator, hanya frekuensi penerimaan saja maka harus dikurang dengan frekuensi IF.

Pelacak pemancar otomatis dan sintesa tegangan

Untuk memudahkan pengoperasian dan lebih aman dalam lalulintas, biasanya dalam radio mobil menggunakan penalaan dengan pelacak pemancar elektronik otomatis. Dalam perkembangannya digunakan pula pada peralatan rumah yang menggunakan pengendali jarak jauh (*remote control*). Dioda kapasitor tuner dikendalikan oleh TEGANGAN YANG NAIK secara perlahan (DARI GENERATOR GIGI GERGAJI).Proses ini dapat dimulai (di start) dengan knop ataupun dengan saklar sentuh.

Gambar 5.13. Kontrol start dan stop

Jika sebuah pemancar telah diterima dengan baik, demodulator FM akan memberikan sinyal stop pada lintasan nol. Pemancar telah ditemukan dan tetap ada jika di start lagi, maka tegangan penala akan naik sampai ditemukan pemancar baru lagi. Selain pelacakan keatas (frekuensi diturunkan ke harga yang rendah), sehingga dalam tuner terdapat UP dan DOWN tuning (penalaan keatas dan kebawah).

Apa yang telah dibicarakan diatas dengan sistim DIGITAL. Pada penalaan digital besaran tegangan penala analog diubah menjadi besaran BINER dan selanjutnya diubah lagi dalam sebuah pengubah DIGITAL KE ANALOG (D/A Converter).

Gambar 5.14. Tegangan kendali analog dan digital

Gambar 5.15. Prinsip pensintesa tegangan

Gambar 5.16. Pencacah tegangan penala

Gambar 5.14 memperlihatkan prinsip sintesa tegangan, dan proses tegangan didalamnya dicontohkan gambar 5.15, dimana tegangan penala hanya dicacah dalam 10 tingkat.Misalnya sinyal masukan adalah 0000010000. Didalam penyama digital sinyal dari penghitung isi dibandingkan dengan sinyal dari penghitung pemeriksa, maka hasilnya sinyal Ub. Sinyal ini akan menggerakkan tingkat saklar, sehingga diperoleh tegangan kotak Uc yang selanjutnya diambil harga rata-ratnya oleh FILTER PELALU BAWAH

Maka diperoleh tegangan searah Ud guna penalaan, dimana besarnya Ud akan menyebabkan osilator BERGETAR PADA FREKUENSI YANG DIKEHENDAKI sesuai data yang dimasukkan.

C. RANGKUMAN

Osilator adalah bagian yang membangkitkan sumber gelombang listrik sinusoidal, kebanyakan untuk jenis radio penerima menggunakan osilator LC

yang ditala, dengan begitu frekwensi osilasinya ditentukan oleh kombinasi rangkaian LC tersebut, perubahan frekwensi dengan cara mengatur Variabel Kapasitornya atau Variabel induktornya.

Untuk osilator, transistor bekerja dalam rangkaian BASIS BERSAMA . Sehingga sinyal masukan dan keluaran SEPASA. Kumparan osilator harus dipasang sedemikian rupa sehingga pasanya tidak berubah.

Untuk mendapatkan frekuensi osilator dapat lebih tinggi atau rendah, oleh karena itu pada suatu pengaturan osilator tertentu dapat didengar dua pemancar. Pemancar yang diinginkan terletak lebih rendah sekitar f_{IF} dari frekuensi osilator , pemancar yang menggaggu terletak lebih tinggi sekitar f_{IF} dari frekuensi osilator.

Untuk membuat besar frekuensi antara, tetap pada semua frekuensi penerimaan diperlukan osilator yang frekuensinya berubah. Perubahan frekuensi osilator harus serempak dengan oerubahan frekuensi penerimaaan.

Dengan kapasitor variabel dan dioda kapasitor dapat merubah frekuensi osilator secara KONTINYU . Dalam tuner sythensizer, perubahan frekuensi dapat dicapai dalam interval yang kecil (tuner adalah pesawat penerima tanpa penguat AF).

Tuner - synthesizer mempunyai kelebihan dalam hal pelayanan dibanding tuner model lama seperti :

◊ Penerimaan pemancar dapat diprogram secara tepat dalam melacak suatu pemancar dapat dilakukan dengan mudah
◊ Penalaan dapat dilakukan oleh komputer mikro

Untuk memudahkan pengoperasian dan lebih aman dalam lalulintas, biasanya dalam radio mobil menggunakan penalaan dengan pelacak pemancar elektronik otomatis. Dalam perkembangannya digunakan pula pada peralatan rumah yang menggunakan pengendali jarak jauh (remote control).

D. TUGAS

1. Bentuk kelompok diskusi yang terdiri dari 3 siswa dalam satu kelompok
2. Siapkan Radio AM. Carilah gelombang siaran radio AM yang ada. Catat di-frekuensi berapa siaran tersebut.
3. Hitunglah berapa frekuensi osilator lokal dari radio tersebut saat menerima siaran yang di maksud !

4. Kalau memungkinkan ukur frekuensi osilator radio AM tersebut dengan menggunakan pengukur frekuensi (Frequency Counter). Catat hasilnya.
5. Siapkan radio FM. Carilah salah satu siaran yang ada. Catat frekuensi kerjanya.
6. Hitunglah berapa frekuensi osilator lokal dari radio tersebut saat menerima siaran yang di maksud 1

E. TES FORMATIF

1. Bagian yang membangkitkan sumber gelombang listrik sinusoidal pada penerima radio disebut rangkaian ......
2. Bagaimana cara mengubah frekuensi osilator LC pada radio penerima ?
3. Jika sebuah Radio AM menerima siaran di frekuensi 950KHz, berapakah frekuensi osilator lokal saat itu ?
4. Sebuah radio AM mempunyai daerah frekuensi penerimaan antara 540KHz – 1600KHz. Berapakah frekuensi osilatornya sehingga bisa menjangkau daerah kerja tersebut?
5. Sebutkan keuntungan menggunakan tuner sintesizer !

3.2 KEGIATAN BELAJAR 6

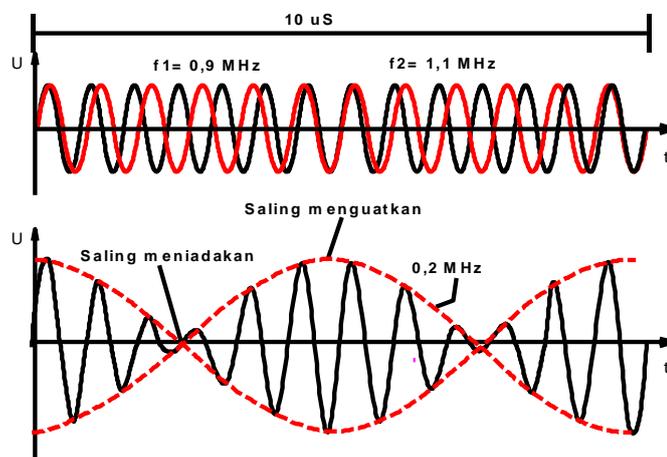
A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

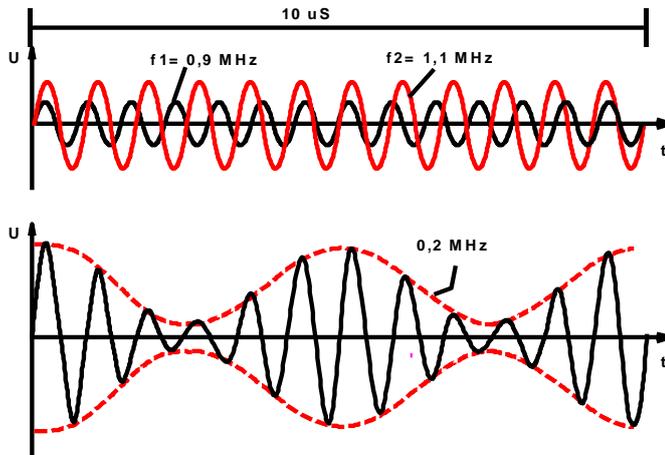
1. Menerapkan macam-macam rangkaian pencampur dan demodulator sistim radio penerima.

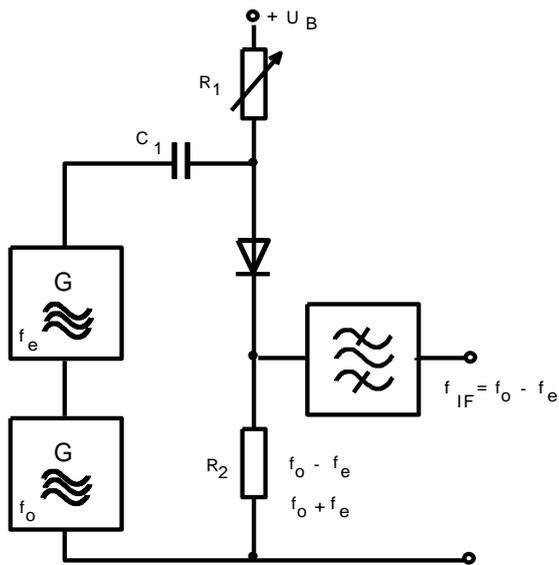
B. MATERI

1. Pencampur (Mixer)

Pencampuran dua besaran frekuensi yang berbeda dengan amplitudo sama.

Gambar 6.1. Pencampuran 2 frekuensi

Gambar 6.1a, menunjukkan dua sinyal dengan amplitudo yang sama dan berbeda frekuensi dicampur dengan cara penjumlahan, tergantung pada posisi fasanya, kedua sinyal itu akan saling MEMPERKUAT dan MEMPERLEMAH. Hasilnya terlihat pada gambar 6.1b. Harga puncaknya dihubungkan satu sama lain, maka diperoleh suatu frekuensi beda.

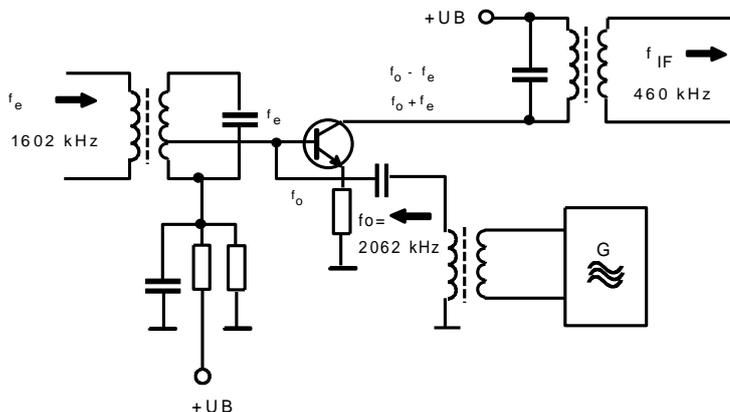
Gambar 6.2 memeperlihatkan sinyal dengan amplitudo berbeda dan frekuensi yang berbeda pula. Terlihat pada sampulnya terdapat suatu sinyal dengan frekuensi baru (frekuensi beda).

Gambar 6.2. Pencampuran 2 frekuensi dengan amplitudo berbeda

Terjadinya frekuensi antara

Gambar 6.3. Rangkaian Blok Pencampur

Frekuensi penjumlahan dilewatkan pada dioda maka akan diperoleh getaran setengah gelombang . Kurva bergetar dalam detakan frekuensi antara $f_{IF} = f_o - f_e$

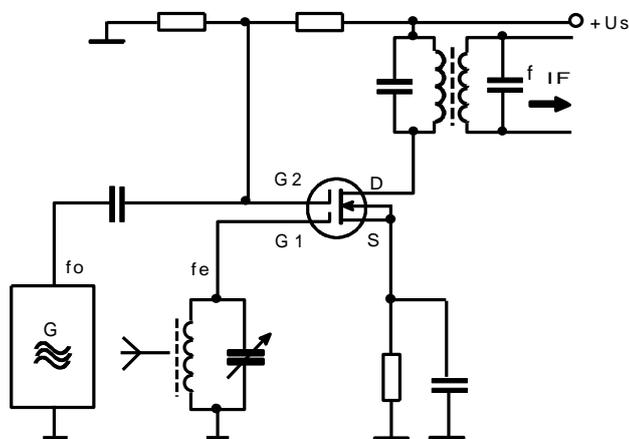
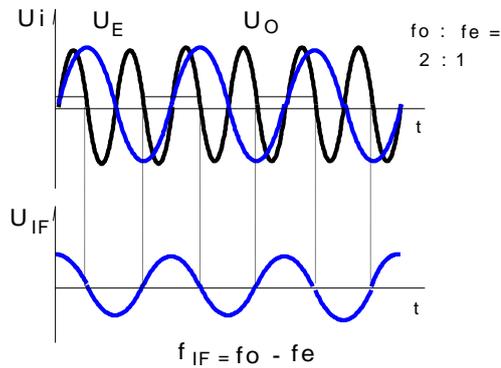
Untuk mendapatkan sinyal frekuensi antara dengan gelombang yang simetris dipasang filter band yang ditala pada FREKUENSI IF.

Jika diteliti lebih lanjut terdapat pula frekuensi fo + fe, tetapi karena filter band ditala pada f_{IF} maka frekuensi IF inilah yang dilakukan

Pada pencampuran, pada kurva sampul masih terdapat frekuensi informasi yang dibawa oleh frekuensi masukan fe. Proses pencampuran sama persis dengan proses pemodulasian amplitudo, yang berbeda adalah besar frekuensi yang dicampurkan.

Gambar 6.4. Rangkaian pencampur pada radio AM

Sinyal fe dan fo sampai pada basis transistor . Melalui dioda basis-emitor proses pencampuran diambil dan melalui rangkaian sinyal f_{IF} disaring keluar.
Untuk menandai tingkat pencampur digunakan penguatan pencampur V_M, yang merupakan perbandingan tegangan frekuensi antara U_{IF} dengan tegangan masukan Ue.

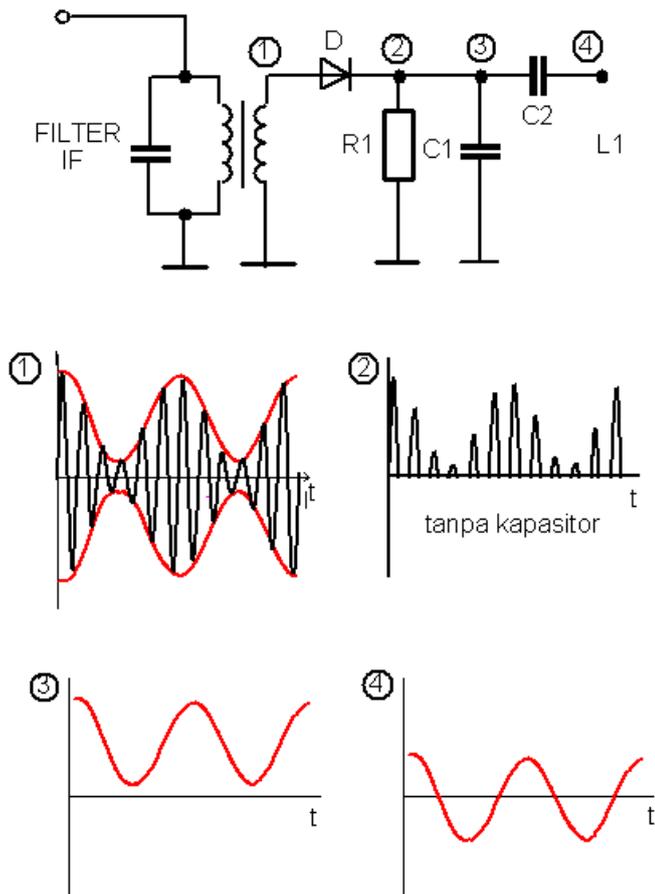
$$V_M = \frac{U_{IF}}{U_e}$$

Selain pencampuran penjumlahan (additiv) ada pula pencampuran perkalian (multiplikatip), dimana kedua sinyal itu saling diperkalikan. Misal dengan menggunakan FET dengan gate ganda , atau dua transistor dirangkai seri.

Gambar 6.5. Rangkaian pencampur menggunakan mosfet

Gambar 6.6. Hasil pencampuran sinyal

Akibat dari perubahan tegangan pada elektroda kendali arusnya mengalikan Dengan ini terbangkit produk campuran yang tidak diinginkan dengan harmonisa yang lebih sedikit dibanding pencampuran penjumlahan. Lingkaran masukan dan lingkaran osilator terpisah dan terdapat sedikit harmonisa. Kekurangannya, diperlukan teknik rangkaian yang rumit melalui osilator tambahan sedang pada pencampuran penjumlahan dapat digunakan satu transistor untuk pencampur dan osilator (perhatikan bahasan osilator pada bab sebelumnya).

2. Demodulator

Demodulator AM

Untuk mendapatkan sinyal informasi kembali di penerima radio diperlukan demodulator AM. Metode yang paling banyak digunakan adalah dengan demodulasi sampul yaitu selubung dari gelombang yang dimodulasi, rangkaian yang paling umum digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1. yang akan menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan selubung dari gelombang masukan

Gambar 6.7. Proses Demodulator AM

L1 = Untuk menyesuaikan impedansi

D = Menyearahkan sinyal AM

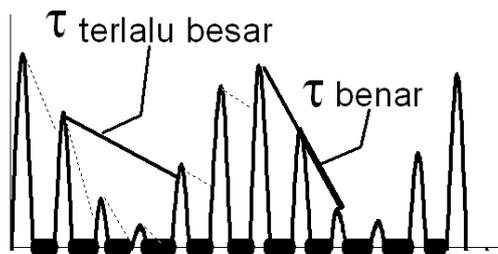
R1 = Untuk lingkaran arus searah dari dioda D dan untuk mengosongkan C1

C1 = Untuk memfilter sinyal frekwensi tinggi yang disearahkan

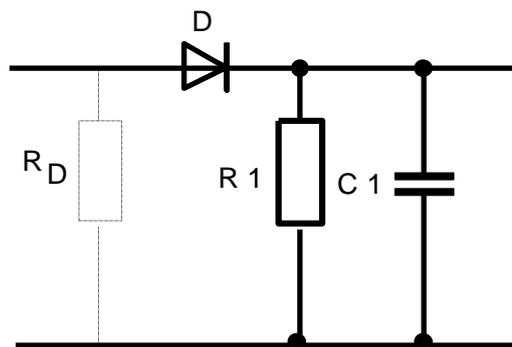
C2 = Menghadang arus searah.

Dioda bekerja sebagai perata (rectifier) dan seperti sakelar yang tertutup (on) bila tegangan masukan positip, sehingga memungkinkan diisi muatannya hingga puncak dari masukan RF, dan selama setengah perioda RF yang negatip dioda akan terbuka (off) akan tetapi kapasitor akan tetap mempertahankan tegangan yang diterima sebelumnya, sehingga tegangan keluaran akan tetap pada nilai positip puncak dari RF, pada kenyataannya saat perioda off, ada pelepasan muatan dari C seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.

Dioda yang digunakan dari bahan GERMANIUM untuk mendapatkandrop tegangan saat forward yang kecil , sedangkan arah dioda disesuaikan dengan keperluan untuk mendapatkan POLARITAS TEGANGAN PENGATUR tertentu, karena tidak ada pengaruhnya untuk pendemodulasian sinyal sisi ganda (DSB = double side band).

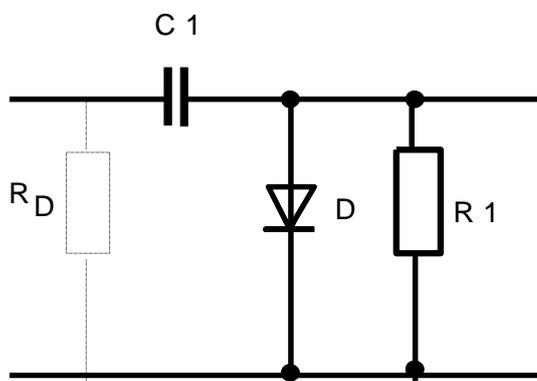
Tetapan waktu τ harus dibuat yang tepat dari C1, R1, karena tetapan tersebut harus cukup besar untuk periode Hf (455 Khz) dan cukup kecil untuk periode sinyal AF tertinggi (4,5 Khz) . seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2. bagian kiri , jika T terlalu besar maka saat sampul gelombang turun tidak segera diikuti oleh turunnya tegangan pada C sehingga tidak sesuai dengan yang diharapkan (tidak bisa mewakili bagian luar dari envelope gelombangnya), demikian juga jika nilsi T terlalu kecil

Gambar 6.8. Sampul pada demodulator AM

Dalam prakteknya T berharga 5 μ s - 30μ s

Tahanan peredam RD

Gambar 6.9. Detektor AM Seri

Penyearahan seri

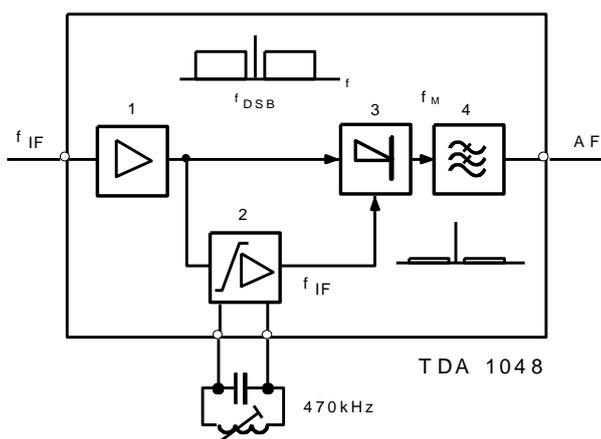
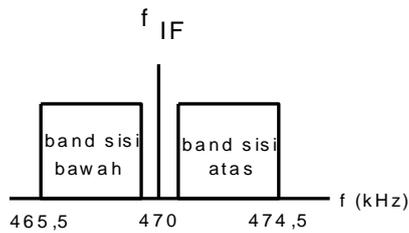
$$R_D = \frac{R_1}{2}$$

Tahanan peredam RD ini adalah tahanan masukkan demodulator secara arus searah dan membebani lingkaran filter band (RD ditransformasi ke lingkaran primer) .

Gambar 6.10. Detektor AM Parallel

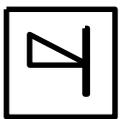
Penyearah paralel

$$R_D = \frac{R_1}{3}$$

R1 = tahanan kerja dioda

Demodulator AM Model Produk

Gambar 6.11. Rangkaian demodulator produk

Gambar 6.12. Spektrum sinyal IF

Penguat frekuensi antara, menguatkan frekwensi antara yang didapatkan dari pencampuran antara sinyal dari osilator dengan sinyal yang diterima dari antena setelah proses penalaan dan dikuatkan pada bagian front end, penguat ini merupakan penguat selektip yang mempunyai penguatan total yang cukup besar, sehingga hasilnya adalah sinyal IF termodulasi yang serupa dengan sinyal yang diterima dengan perbedaan pada sinyal pembawanya

Penguat dengan pembatas , penguat ini dimaksudakn untuk mendapatkan sinyal IF tanpa adanya informasi band sisinya, sinyal ini bisa didapatkan dengan melalui penguat dengan pembatas kemudian di masukkan pada penguat tertala untuk mendapatkan gelombang sinus kembali pada outpoutnya, dimana pada keluarannya hanya sinyal dengan frekuensi antara fIF yang tidak termodulasi.

Pencampran mencampur sinyal fIFA dengan sinyal fIFB lengkap dengan sisi sinus sehingga didapat :

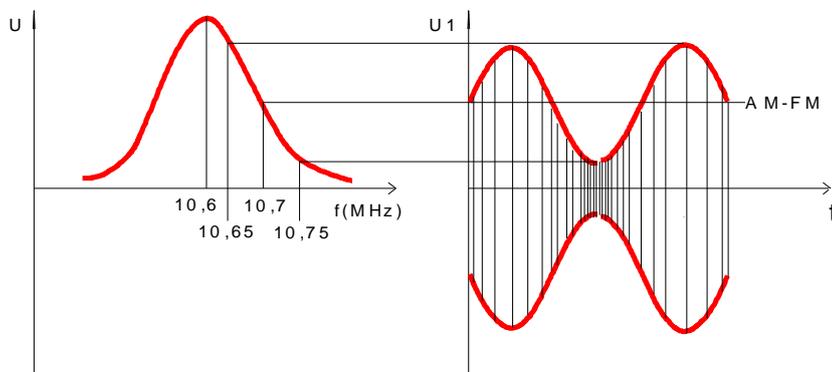
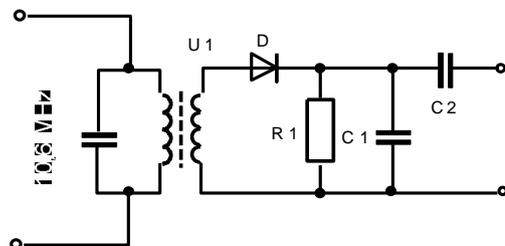
$FM = (f_{IF} + f_{DSB}) - f_{IF} = f_{DSB} \approx f_{AF}$

Filter pelalu bawah

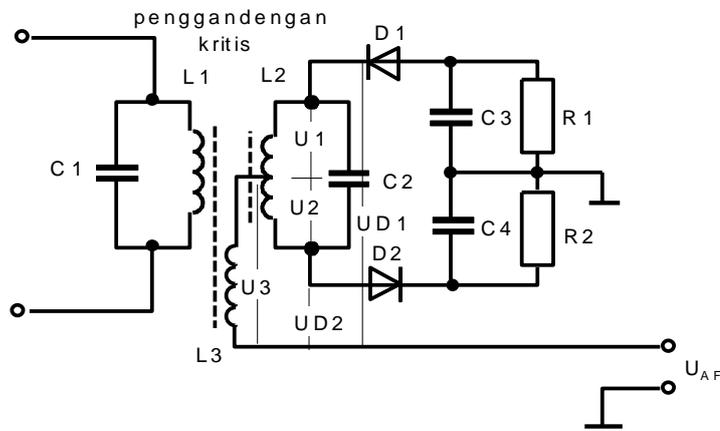
Kelebihan demodulator ini adalah : Demodulasi yang linier pada derajad modulasi tinggi, tidak peka terhadap goyangan amplitudo sinyal pembawa IF.

Demodulator FM

Untuk mendapatkan sinyal informasi kembali di penerima radio setelah dimodulasi FM diperlukan demodulator FM. Banyak metode atau cara yang digunakan untuk mendapatkan kembali, dari cara yang paling sederhana sampai yang komplek dan dari FM mono sampai FM stereo yang ditunjukkan pada penjelasan dibawah

Demodulator Lereng

Gambar 6.13. Demodulator lereng

Gambar 6.14. Rangkaian demodulator lereng

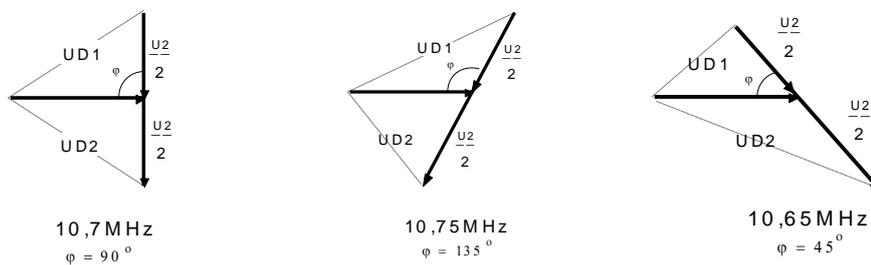
Kekurangan demodulator ini adalah : Demodulasi tidak linier dan dinamik AF yang kecil.

Demodulasi sinyal FM dengan diskriminator rasio

Gambar 6.15. Demodulator FM model diskriminator rasio

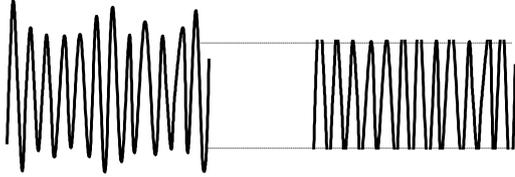
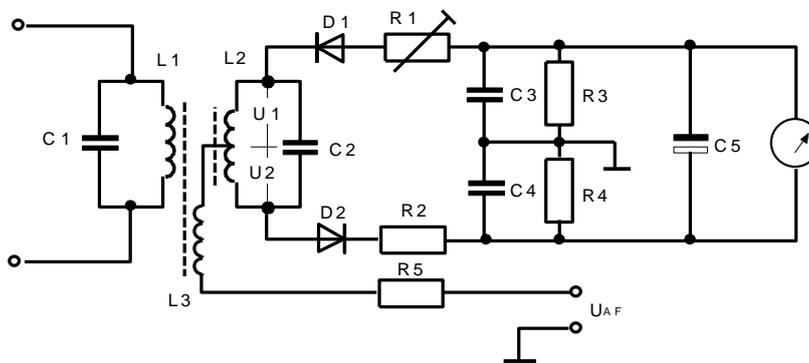
Untuk mendapatkan kembali tegangan modulasi dari modulasi frekwensi dengan menggunakan pergeseran sudut fasa antara tegangan primer dan skunder dari suatu transformator yang ditala, sudut fasa ini adalah fungsi dari frekwensi dan dengan mengaturnya hingga komponen komponen jumlah phasor dan selisih phasor dari teganga primer dan skunder dimasukkan kedua buah detektor selubung yang keluarannya kemudian digabungkan, secara prinsip dijelaskan sebagai berikut :

U3 sepasa dengan U1

Saat resonansi fr = 10,7 MHZ U1 dan U2 bergeser pasa $\varphi = 90^0$,

Saat frekuensi lebih besar atau kecil dari fr maka pergeseran pasa antara U1 dan U2 lebih besar atau lebih kecil dari 90^0

Gambar 6.16. Sudut demodulator diskriminator

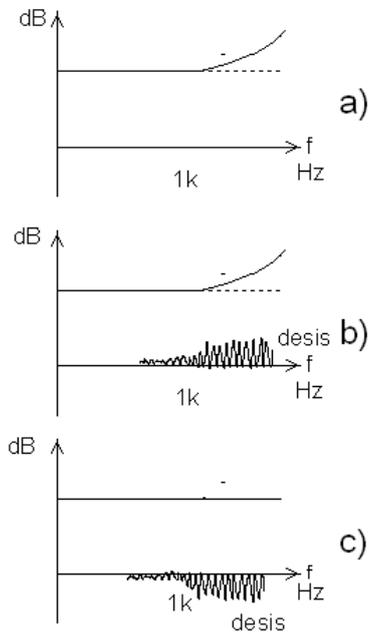
Tetapan waktu demodulasi C3 , R1 T = 3 μ s sampai dengan 6 μ s (mono) dan T = 1 μ s sampai dengan 3 μ s (stereo)

Pembatas amplitude

Gambar 6.17. Pembatas amplitudo

Gambar 6.18. Rangkaian demodulator FM pembatas amplitudo

Pembatasan dilakukan oleh C5. Pada tahanan R3 dan R4 terdapat tegangan arus searah yang besarnya tergantung tegangan IF , tegangan ini mengisi C5 .

Jika terdapat gangguan (Gangguan AM), dioda D1 dan D2 mencoba terus mengisi C5 Dengan demikian resonator L2 dan C2 TEREDAM KUAT dengan begitu gangguan terkurangi . Jika sinyal IF mengecil , kedua dioda mati (revers) disebabkan tegangan C5 , dengan demikian resonator sedikit teredam . Tetapan waktu pembatas TB = 100 mS - 500mS .

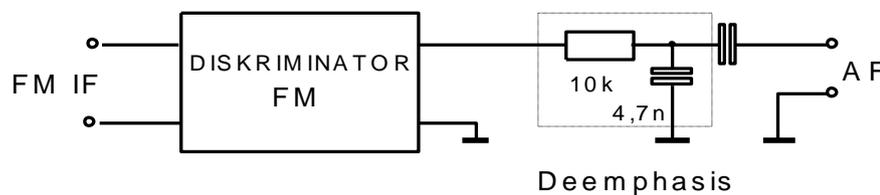
Tegangan pada C5 dapat digunakan sebagai penampil kuat penerimaan.

Deemphasis

Gambar 6.19. Proses Deemphasis

a. Preemphasis

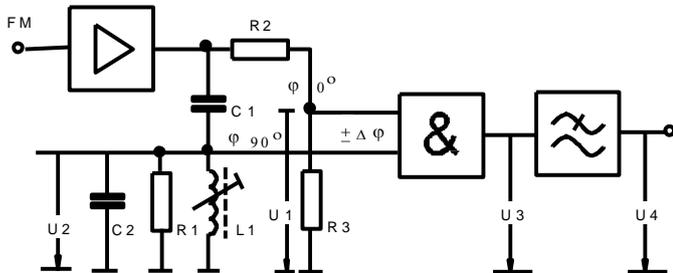
b. sebelum deemphasis

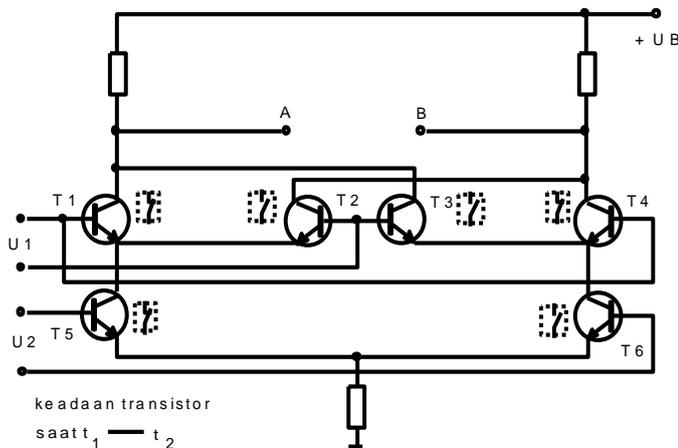
c. de emphasis

Untuk memperbaiki jarak desis dengan sinyal Af , maka sinyal frekuensii tinggi 1 kHz - 20kHzpada pemancar diangkat sekitar + 12 dB (pre emphasis) gambar a. Desis terjadi pada frekuensi tinggi (lebih besar dari 1 kHz) (gambar b). Dalam radio penerima , setelah diskriminator (demodulator) dirangkai rangkaian R.C untuk menekan sinyal frekuensi tinggi (1 kHz - 20 kHz) sehingga tanggapan frekuensinya secara keseluruhan menjadi DATAR . Dengan tertekannya sinyal terpakai maka sinyal desispun akan tertekan lebih jauh.

Gambar 6.20. Rangkaian deemphasis

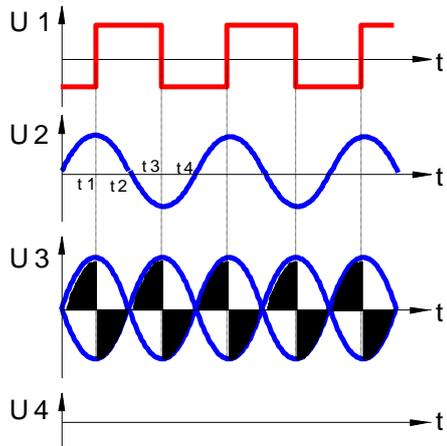
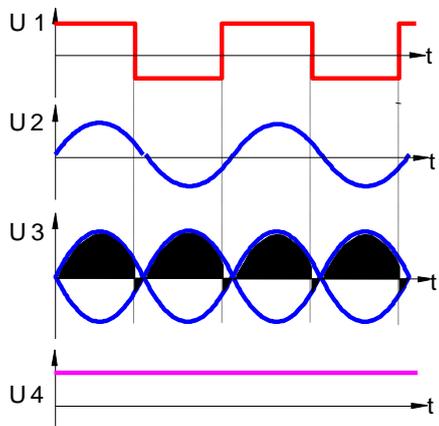
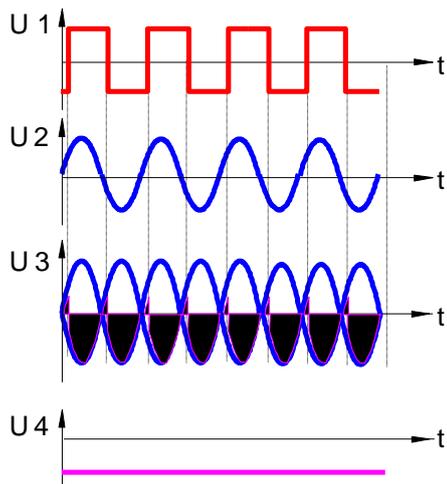
Rangkaian RC merupakan rangkaian pelalu bawah dengan tetapan waktu deeemphasis TE = 50 μs.

Demodulasi sinyal FM dengan demodulator Koinzidenz

Diinginkan penggunaan rangkaian LC sedikit mungkin, karena berkembangnya pembuatan rangkaian terpadu IC.

Gambar 6.21. Demodulator Koinzidenz

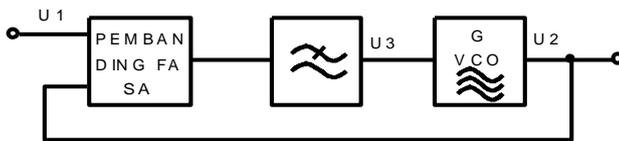
Resonator ditala pada 10,7 MHz untuk mem-bangkitkan tegangan sinus karena sinyal FM yang telah dibatasi menjadi kotak. C1 harganya sangat kecil untuk menimbulkan PERGESERAN pasa Q = 90^0 pada frekuensi10,7 MHz. T1 sampai T4 dikendalikan (dibias) dengan tegangan IF KOTAK , Pada basis 15 dan 16 terdapat tegangan SINUS.

Gambar 6.22. Rangkaian Demodulator Koinzidenz yang pada 10,7 MHZ bergeser pasanya 90^0

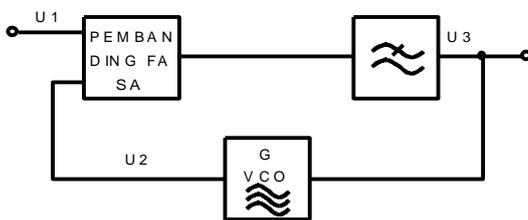
keadaan transistor mati

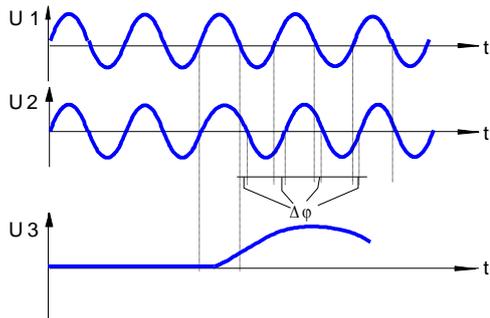
keadaan transistor hidup

Gambar 6.23.

Gambar 6.24.

Gambar 6.25.

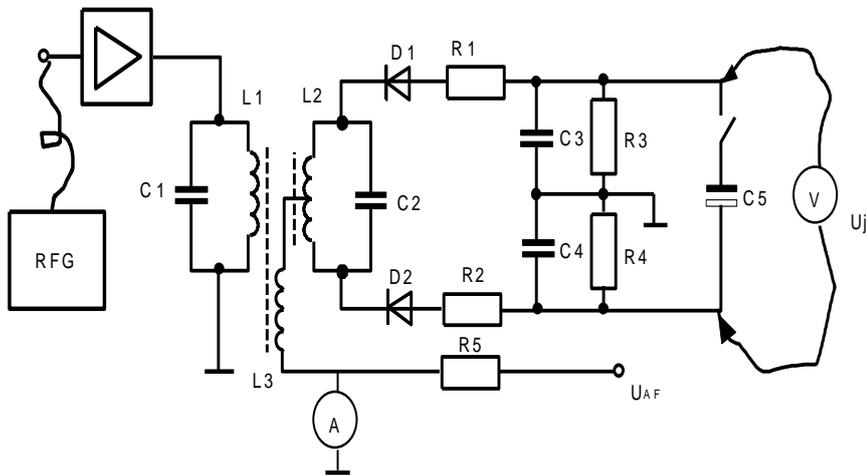
Dari t1 - t3 , transistor T1 dan T4 HIDUP transistor T2 dan T3 MATI . Dari t1 - t2 transistor 15 HIDUP (U2 positif). maka pada R1 mengalir arus . Jika U2 negatif (t2 - t3) transistor T6 HIDUP mengalir arus melewati R2 dan T4 . Pada t2 polaritas U3 BERUBAH Saat t3 , U1 berubah polaritasnya T2 dan T3 menjadi HIDUP . T6 disebabkan U2 tetapHIDUP maka mengalir arus lewat R1 dan T3sehingga polaritas U3 BERUBAH .Demikian seterusnya setelah pelalu bawah didapat U4 .Saat f < 10,7 MHz atau f > 10,7 MHz pergeseran pasa U1 dan U2 berubah

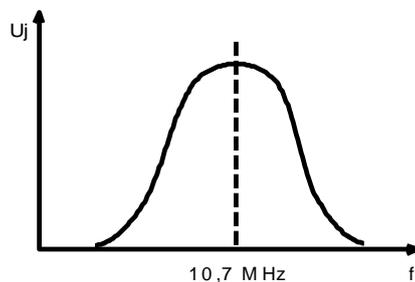
Demodulasi sinyal FM dengan diskriminator PLL

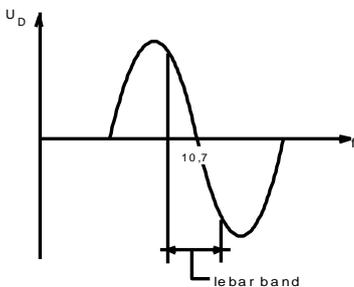
Diskriminator PLL adalah suatu demodulator dengan sebuah lingkaran pengunci pasa. PLL = Phase - Locked - Loop (lingkaran pengunci pasa) .

Gambar 6.26. Demodulasi sistem PLL

VCO (Voltage Controlled Oscillator = Osilator yang frekuensinya dikontrol tegangan). Dikendalikan oleh U3 . Keluaran U2 dibandingkan dengan U1 dalam pembanding pasa , jika frekuensinya tidak sama maka pembanding pasa , jika frekuensinya samamaka keluaran pembanding pasa terdapat TEGANGAN yang sesuai dengan pergeseran pasa. Tegangan ini difilter dengan pelalu bawah digunakan untuk mengontrol VCO. Pengontrolan sampai diperoleh frekuensi yang sama .

Gambar 6.27.Blok PLL

U1 adalah sinyal frekuensi antara FM .Osilator bergetar dengan frekuensi 10,7 Mhz .Saat fIF = 10,7 Mhz, tidak terdapat perbedaan geseran pasa, sehingga U3 NOL. Ketika fIF menyimpang dari frekuensi 10,7 Mhz, misalnya mengecil , maka akan terbangkit tegangan U3. Tegangan ini sesuai dengan PERUBAHAN FREKUENSI IF , dengan demikian sinyal IF telah termodulasi .

Gambar 6.28.

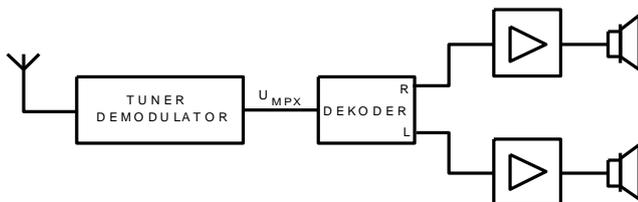
Kurva diskriminator (kurva S)

Gambar 6.29.

RF generator diatur frekuensinya dari 10,5 MHz sampai 10,9 MHz maka akan didapat kurva tegangan jumlah sebagai berikut .

Gambar 6.30. Kurva IF FM

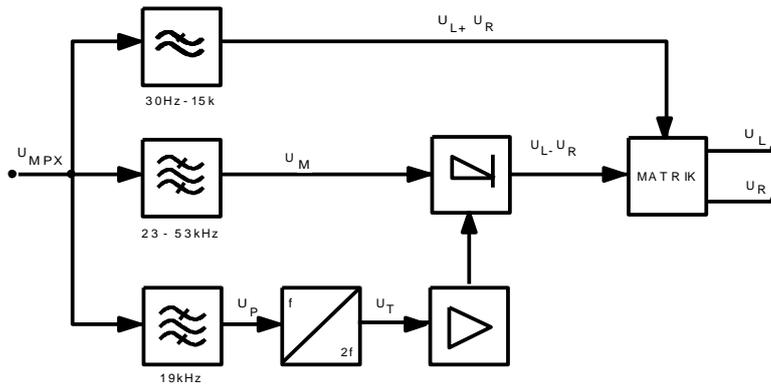
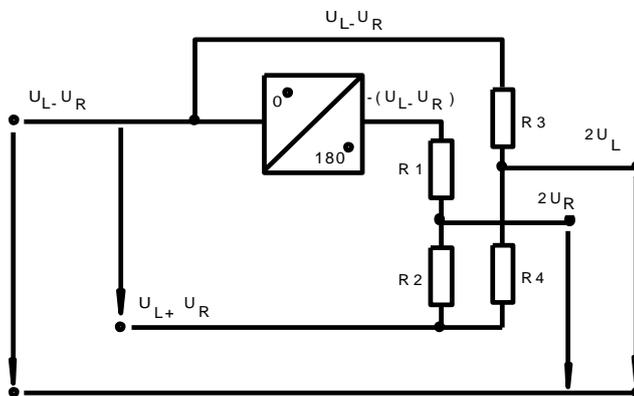
Pada titik A akan diperoleh suatu kurva S terdiri dari harga tegangan positif dan negatif yang disebut kurva diskriminator .

Gambar 6.31. Sinyal hasil demodulasi FM

Kurva ini terjadi dari tegangan perbedaan antara U_{D1} dan U_{D2} . Pada penalaan yang benar , saat f = 10,7 MHz tegangan perbedaannya harus sama dengan NOL.

Dekoder Stereo

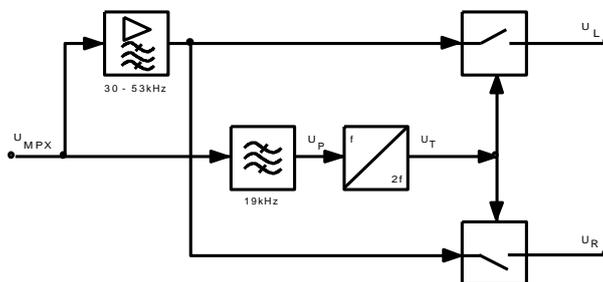
Untuk memperoleh kembali sinyal kanan dan kiri, pada pesawat penerima setelah demodulator dipasang Dekoder stereo fungsi dari dekoder stereo adalah memisahkan sinyal multiplex menjadi sinyal kiri dan kanan.

Gambar 6.32. Blok dekoder stereo sebelum penguat

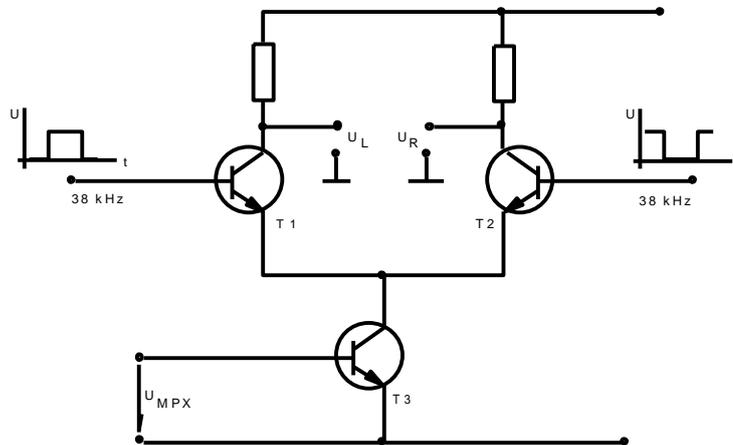
Ada beberapa cara dekoder stereo dalam memisahkan antara sinyal kiri dan kanan masing masing adalah :

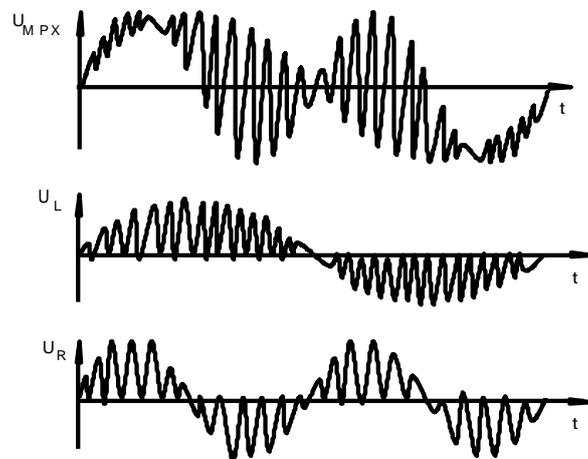
a. <u>Dekoder Matrik</u>

Gambar 6.33. Blok dekoder matrik

Gambar 6.34. Matrik tahanan

UL + UR + (UL - UR) = 2 UL

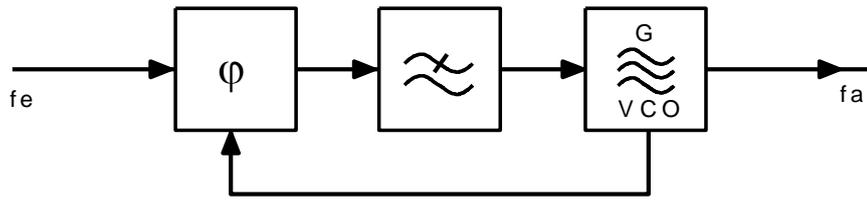
UL + UR - (UL - UR) = 2 UR

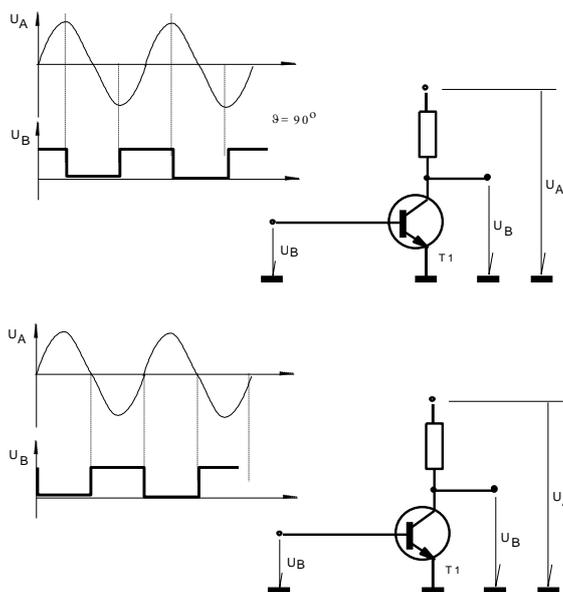
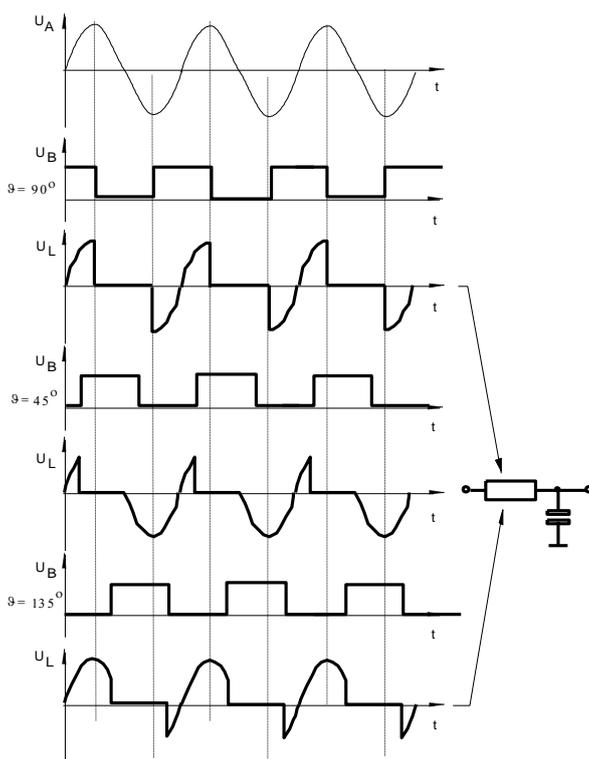
b. Dekoder saklar :

Gambar 6.35. Blok dekoder saklar

Sinyal multipleks stereo tidak dibagi-bagi, tetapi langsung diletakkan dalam saklar elektronika, yang dihubungkan dalam irama pembawa bantu stereo (38 kHz).

Gambar 6.36. Saklar elektronika

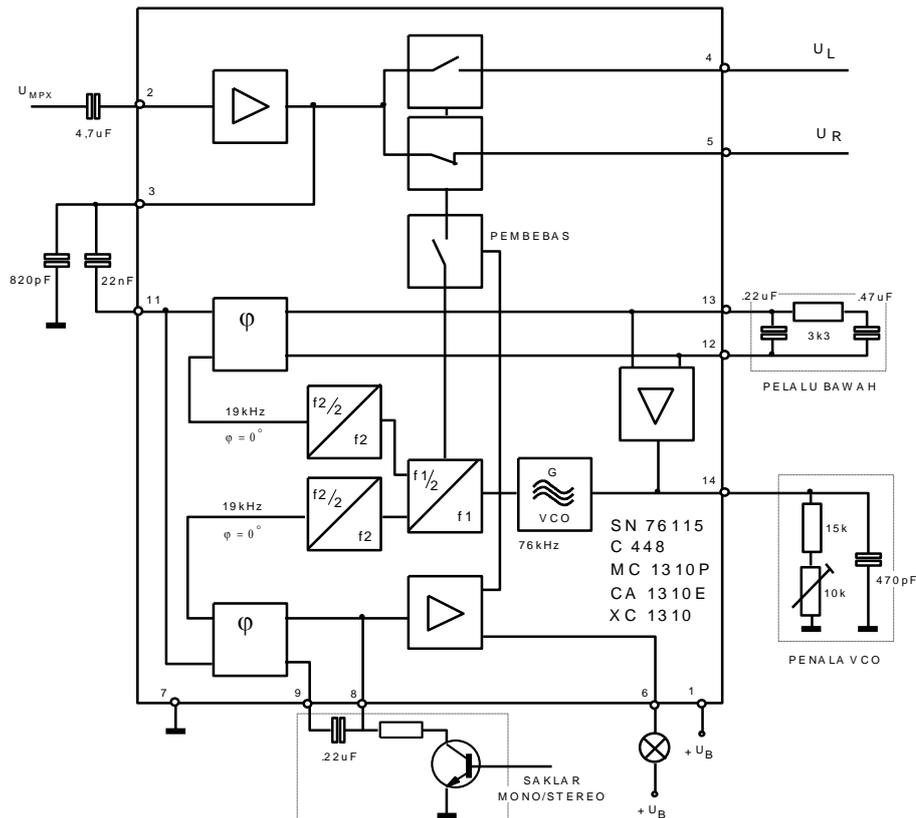
Transistor T1 dan T2 hidup dan mati bergantian dalam irama 38 kHz. Sinyal multipleks yang diletakkan pada basis T3 bergantian pula berada dijalur keluaran.

Gambar 6.37. Tegangan-tegangan pada dekoder saklar

c. <u>Dekoder saklar PLL</u>

Didalam dekoder stereo didapatkan kembali frekuensi pembawa 38 kHz. Posisi pasa antara frekuensi pemancar, yang diberikan malalui sinyal pemandu 19 kHz, dengan frekuensi yang dibangkitkan dalam pesawat radio harus SAMA. maka digunakanlah rangkaian PLL (*Phase Locked Loop* = lingkaran pengunci fasa)

Gambar 6.38. Blok dasar PLL

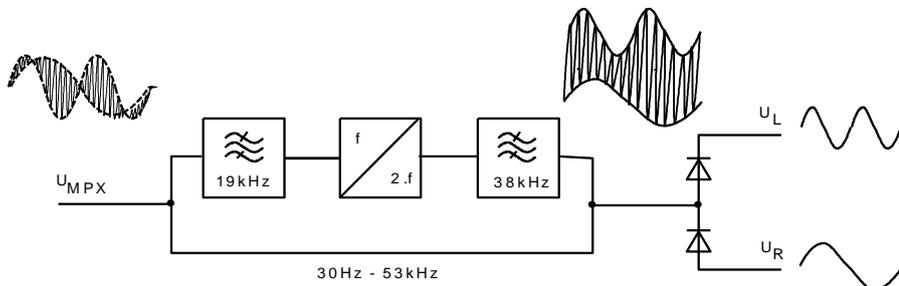
Rangkaian PLL terdiri dari osilator yang dikendalikan oleh tegangan (VCO), yang disinkronisasikan dengan frekuensi yang masuk.

Gambar 6.39. Pensakelaran dengan transistor

Gambar 6.40. Proses pensakelaran sebelum masuk LPF

Cara kerja pembanding pasa, U_A adalah tagangan dengan frekuensi seharusnya, UB adalah tegangan dengan frekuensi yang terjadi dari VCO. Jika

pergeseran pasa φ = 90° maka UL mempunyai tegangan bagian positip dan negatip yang sama. Dan melalui rangkaian filter tegangan ini menjadi nol volt. Jika pergeseran paha φ lebih besar atau lebih kecil dari 90° maka akan terdapat tegangan negatip atau positip setelah di filter. Tegangan ini untuk mengatur VCO hingga sefasa.

Gambar 6.41. Pendekodean stereo dengan rangkaian terintegrasi

Pendekoderan sinyal stereo dicapai dengan dua saklar elektronik, yang bekerja dalam irama 38 kHz. Penalaan frekuensi 76 kHz oleh rangkaian RC pada kaki 14. Frekuensi 76 kHz, oleh flip-flop dibagi menjadi 38 kHz dan 19 kHz. Pembanding pasa yang ke 2 bertugas untuk mengenal adanya penerimaan stereo atau mono. Tegangan yang dihasilkan malalui sebuah penguat untuk membebaskan dekoder stereo unuk bekerja dan menghidupkan lampu penampil stereo.

Selain pengoperasian mono secara otomatis, jika sinyal yang diterima TANPA PEMANDU 19 kHz maka dekoder stereo bekerja dalam posisi mono, dapat pula secara manual.

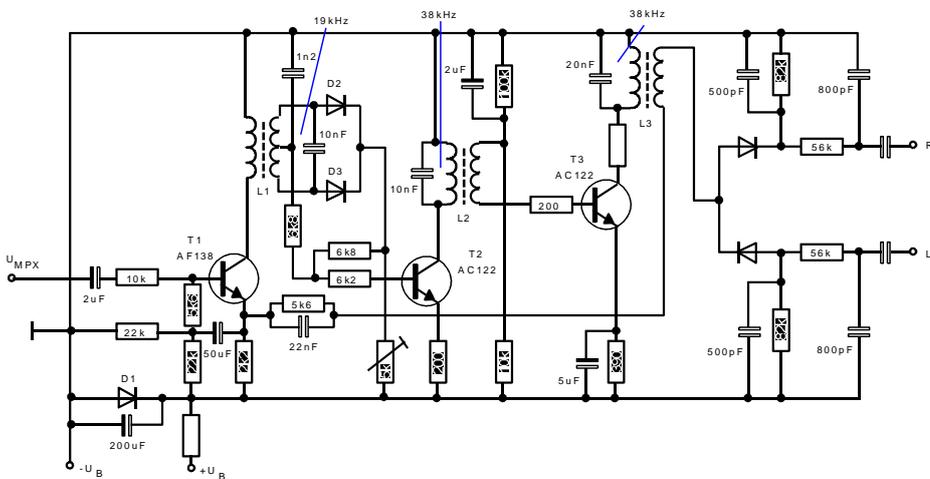
d. Dekoder kurva sampul

Gambar 6.42. Blok dekoder kurva sampul

Sinyal multipleks stereo dilewatkan dalam dua jalur. Satu jalur harus melewati palalu 19 kHz, sehingga hanya sinyal PEMANDU STEREO 19 kHz yang dilewatkan.

Oleh pengganda frekuensi sinyal 19 kHz digandakan frekuensinya menjadi 38 kHz. Kemudian malalui pelalu 38 kHz sehingga hanya sinyal berfrekuensi 38 kHz saja yang lewat. Sinyal ini digabungkan dengan sinyal multipleks yang melewati jalur yang lain sehingga diperoleh getaran yang termodulasi amplitudo malalui sinyal L + R dan L + R .

Pasa kurva sampul bergeser sekitar 180°, pada pencampuran sinyal multipleks dengan pembawa bantu diperoleh kurva sampul yang berlainan, masing-masing :

(L + R) + (L - R) = 2L

(L + R) – (L - R) = 2R

Gambar 6.43. Rangkaian dekoder sampul

D2 dan D3 adalah pengganda frekuensi D4 dan D5 adalah demodulator.

Tahanan 5,6 k pararel kapasitor 22 nF adalah rangkaian korektor, untuk mengkompensasi adanya komponen-komponen buta.

C. RANGKUMAN

Pencampur (mixer) adalah suatu rangkaian untuk mencampur dua buah sinyal yang berbeda frekuensinya dengan amplitudo yang sama, atau berbeda frekuensinya dan berbeda amplitudonya.

Dua sinyal dengan amplitudo yang sama dan berbeda frekuensi dicampur dengan cara penjumlahan, tergantung pada posisi fasanya, kedua sinyal itu akan saling MEMPERKUAT dan MEMPERLEMAH.

Pada pencampuran, pada kurva sampul masih terdapat frekuensi informasi yang dibawa oleh frekuensi masukan fe. Proses pencampuran sama persis dengan proses pemodulasian amplitudo, yang berbeda adalah besar frekuensi yang dicampurkan.

Selain pencampuran penjumlahan (additiv) ada pula pencampuran perkalian (multiplikatip), dimana kedua sinyal itu saling diperkalikan. Misal dengan menggunakan FET dengan gate ganda , atau dua transistor dirangkai seri.

Untuk mendapatkan sinyal informasi kembali di penerima radio diperlukan demodulator AM. Metode yang paling banyak digunakan adalah dengan demodulasi sampul yaitu selubung dari gelombang yang dimodulasi.

Rangkaian demodulator AM yang sederhana dan sering digunakan adalah dengan menggunakan dioda. Dioda yang digunakan dari bahan GERMANIUM untuk mendapatkandrop tegangan saat forward yang kecil , sedangkan arah dioda disesuaikan dengan keperluan untuk mendapatkan POLARITAS TEGANGAN PENGATUR tertentu.

Demodulator AM yang lain adalah demodulator model produk. Kelebihan demodulator ini adalah : Demodulasi yang linier pada derajad modulasi tinggi, tidak peka terhadap goyangan amplitudo sinyal pembawa IF.

Untuk mendapatkan sinyal informasi kembali di penerima radio setelah dimodulasi FM diperlukan demodulator FM. Banyak metode atau cara yang digunakan untuk mendapatkan kembali, dari cara yang paling sederhana sampai yang komplek dan dari FM mono sampai FM stereo.

Demodulator FM yang pertama adalah demodulator lereng. Kekurangan demodulator ini adalah : Demodulasi tidak linier dan dinamik AF yang kecil.

Demodulator FM ke 2 adalah Demodulasi sinyal FM dengan diskriminator rasio. Untuk mendapatkan kembali tegangan modulasi dari modulasi frekwensi dengan menggunakan pergeseran sudut fasa antara tegangan primer dan skunder dari suatu transformator yang ditala, sudut fasa ini adalah fungsi dari frekwensi dan dengan mengaturnya hingga komponen komponen jumlah phasor dan selisih phasor dari teganga primer dan skunder dimasukkan kedua buah detektor selubung yang keluarannya kemudian digabungkan

Untuk memperbaiki jarak desis dengan sinyal Af , maka sinyal frekuensii tinggi 1 kHz - 20kHz pada pemancar diangkat sekitar + 12 dB (pre emphasis)

Diskriminator PLL adalah suatu demodulator dengan sebuah lingkaran pengunci pasa. PLL = Phase - Locked - Loop. VCO (Voltage Controlled Oscillator = Osilator yang frekuensinya dikontrol tegangan).

Untuk memperoleh kembali sinyal kanan dan kiri, pada pesawat penerima setelah demodulator dipasang Dekoder stereo fungsi dari dekoder stereo adalah memisahkan sinyal multiplex menjadi sinyal kiri dan kanan.

Didalam dekoder stereo didapatkan kembali frekuensi pembawa 38 kHz. Posisi pasa antara frekuensi pemancar, yang diberikan malalui sinyal pemandu 19 kHz, dengan frekuensi yang dibangkitkan dalam pesawat radio harus SAMA.

D. TUGAS

1. Bentuklah kelompok praktik yang terdiri dari 3 siswa !
2. Siapkan radio penerima FM stereo.
3. Atur tombol tuning sehingga didapatkan 1 siaran.
4. Amati siaran tersebut. Catat frekuensinya dan tentukan model siarannya stereo atau mono.
5. Ulangi langkah 3 dan 4 untuk siaran yang berbeda. Catat hasilnya dan masukkan dalam tabel berikut. Lengkapilah tabel berikut.

No	Frekuensi	Mode Siaran Mono / Stereo
1		
2		

3		
4		
5		

E. TES FORMATIF

1. Suatu rangkaian untuk mencampur dua buah sinyal yang berbeda frekuensinya dengan amplitudo yang sama, atau berbeda frekuensinya dan berbeda amplitudonya disebut .....
2. Untuk membuat rangkaian pencampur model perkalian (multiplikatip) paling mudah menggunakan komponen utama ......
3. Untuk mendapatkan sinyal informasi kembali di penerima radio AM diperlukan rangkaian .....
4. Untuk memperoleh kembali sinyal kanan dan kiri, pada pesawat penerima radio FM stereo, setelah demodulator dipasang rangkaian .....
5. Berapakah frekuensi pilot pada penerima FM stereo ?

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

2 ....
....
....
....

3 ....
....
....
....

4.1 KEGIATAN BELAJAR 7

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

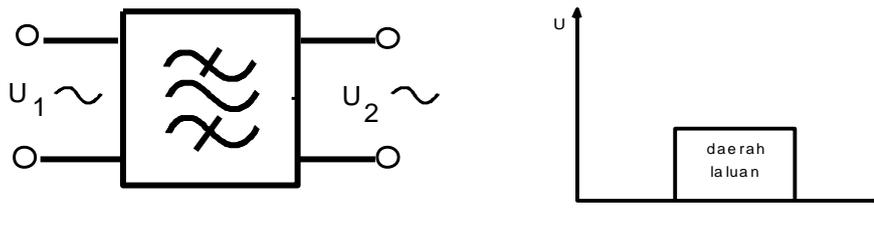
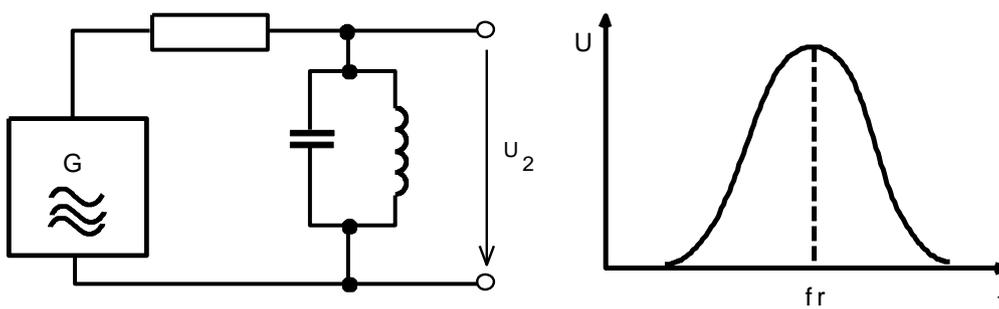
Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

Menerapkan macam-macam rangkaian penyaring frekuensi radio dan audio

B. MATERI

1. PENYARING FREKUENSI RADIO

Pelalu Band (*Band Pass*)

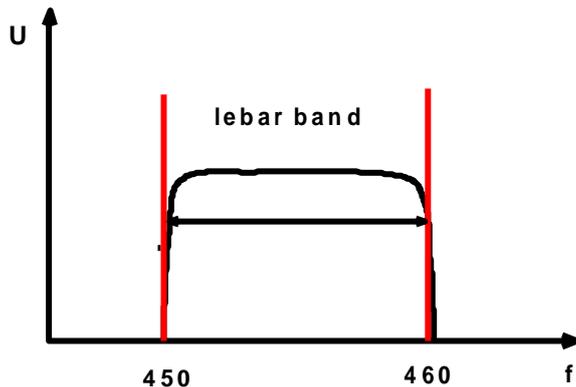
Pelalu band hanya melalukan frekuensi suatu daerah frekuensi terbatas pada keluaran, semua frekuensi diatas dan dibawahnya dihalangi. Dalam teknik pengiriman tanpa kawat (teknik radio) digunakan rangkaian filter LC karena dengan filter LC dapat diperoleh KEMIRINGAN YANG LEBIH TAJAM dari pada filter RC atau RL.

Gambar 7.1. Symbol dan grafik laluan band pass filter

(a)

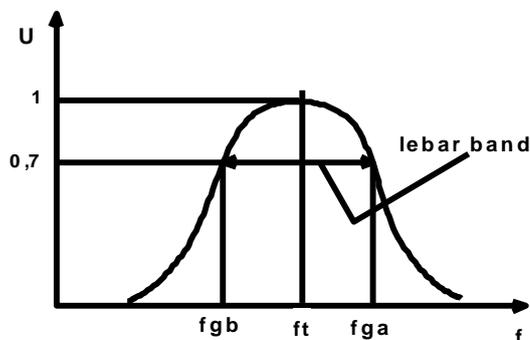
(b)

Gambar 7.2. Rangkaian resonator LC dan kurva

Gambar 7.2a dan 7.2b masing masing adalah rangkaian resonator LC dan kurva laluan dari resonator tersebut

Lebar Band

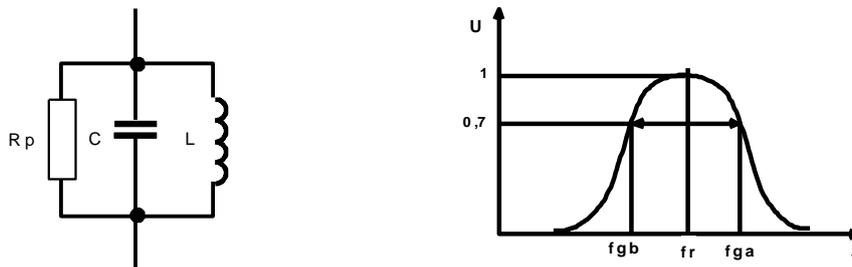
Lebar band, didalamnya suatu sinyal dilakukan tanpa cacat. Lebih lanjut lebar band dapat dijelaskan demikian, suatu peralatan dapat melalukan sinyal dengan frekuensi 450 kHz sampai 460 kHz, berarti peralatan itu mempunyai lebar band 10 kHz.

Gambar 7.3. Lebar band ideal

Gambar 7.3 menggambarkan sebuah band frekuensi ideal, dimana bentuk batas bawah dan atas tegak lurus secara kenyataan sebuah band frekuensi akan kira-kira seperti gambar 7.4.

Gambar 7.4. Lebar band kenyataan

fgb = frekuensi batas bawah

fga = frekuensi batas atas

ft = frekensi tengah

Frekuensi batas atas dan bawah dihitung, saat sinyal pada frekuensi itu sebesar 0,7 dari sinyal maksimum. Jadi lebar band dari band frekuensi gambar 4 sebesar fga – fgb.

Gambar 7.5.

$$B = \frac{fr}{Q}$$

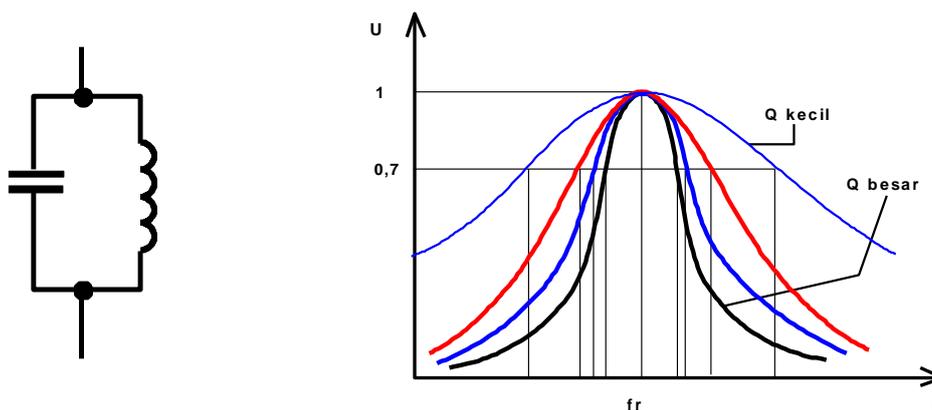
Q = kualitas rangkaian
fr = frekuensi resonansi
B = lebar band

Lebar band tergantung dari kualitas rangkaian, semakin kecil kualitas rangkaian, Q semakin lebar bandnya. Kualitas rangkaian Q semakin besar dengan semakin besarnya tahanan paralel rangkaian dalam perbandingan dengan tahanan butanya.

$$Q \approx \frac{Rp}{Xo}$$

$$Rp \approx \frac{L}{Rv.C}$$

Rp = tahanan paralel rangkaian
Xo = tahanan buta kumparan atau kapa-sitor
Rv = tahanan rugi dari kumparan

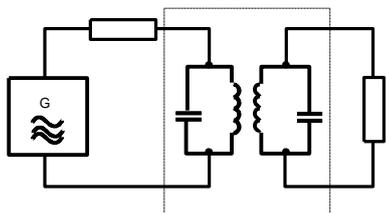
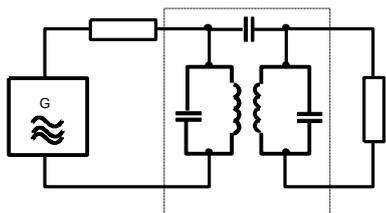
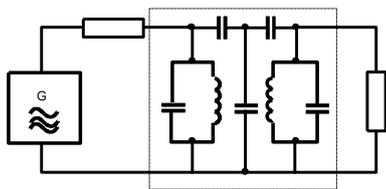
Pelalu band dengan rangkaian resonator LC

Gambar 7.6. Resonator LC dan hasil laluan dengan berbagai macam Q

Dengan kualitas Q yang kecil dicapai suatu lebar band yang lebar, tetapi daya pilah (selektifitas) tidak baik, karena bentuk kemiringan kurva yang

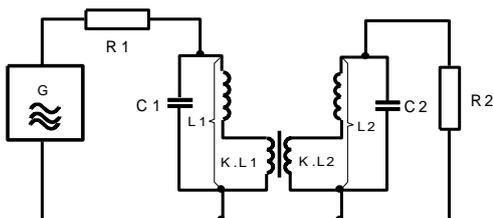
LANDAI. Sehingga tidak jelas batas frekuensi yang mana yang dilakukan dan yang mana ditahan.

Dengan kulaitas Q yang besar dicapai suatu daya pilah yang BAIK, tetapi lebar bandnya SEMPIT. Suatu kurva laluan pelalu banf yang diinginkan dengan daya pilah yang baik (curam) dan lebar yang besar.

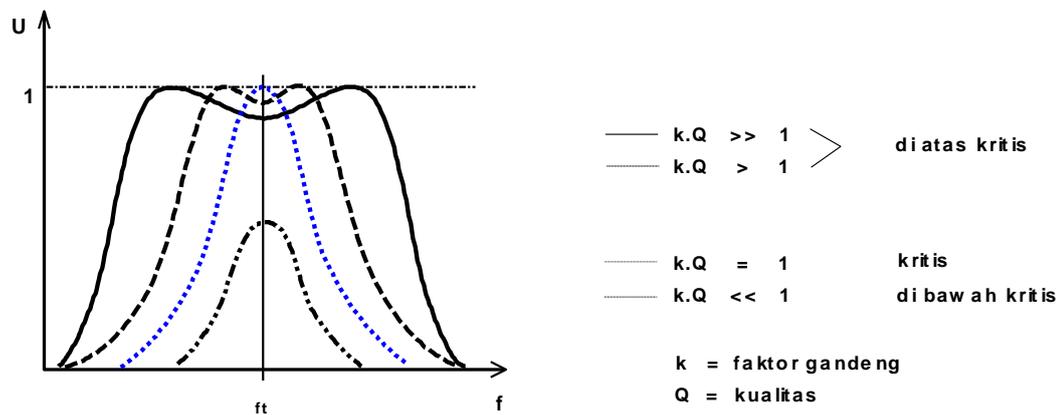
Pelalu Band dengan rangkaian resonator LC (Filter Band/ Band Filter)

Dua rangkaian resonator dapat dihubungkan secara induktif kapasitif

a) Penggandeng induktif

b) Penggandeng kepala kapasitif

c) Penggandeng kaki kapasitif

Gambar 7.7. Macam-macam penggandeng (coupling)

Rangkaian pengganti suatu penyaring band

Gambar 7.8. Rangkaian pengganti penyaring

Pada filter band dengan penggandeng induktif kedua kumparan digandeng longgar. Dalam gambar rangkaian pengganti gambar 7.8 sebagian kecil kumparan (K.L) digandeng kuat seperti transformator. Rangkaian kedua berfungsi sebagai rangkaian RESONATOR SERI.

Dibawah frekuensi tengah filter band, rangkaian kedua bekerja sebagai KAPASITANSI yang tergantung frekuensi (rangkaian seri). Kapasitansi ini dipindahkan ke rangkaian pertama dan terletak PARALEL DENGAN C1. Frekuensi resonansi rangkaian pertama mengecil. Diatas frekuensi tengah rangkaian kedua bekerja sebagai INDUKTANSI yang tergantung frekuensi , induktansi ini dipindahkan ke rangkaian pertama, induktansi rangkaian pertama mengecil dan frekuensi resonansi NAIK. Pergeseran frekuensi resonansi yang sama melalui rangkaian pertama tampil pula pada rangkaian kedua.

Gambar 7.9. Berbagai macam hasil laluan

Semakin kuat kedua rangkaian tergandeng maka rangkaian akan semakin kritis (diatas kritis), kurva laluan semakin TINGGI dan LEBAR. Akhirnya bagian atas kurva laluan berbentuk pelana.

Kurva laluan filter band tergantung pada besar gandengan dan kualitas rangkaian.

Pada gandengan diatas kritis

k.Q > 1 tertampil bentuk pelana

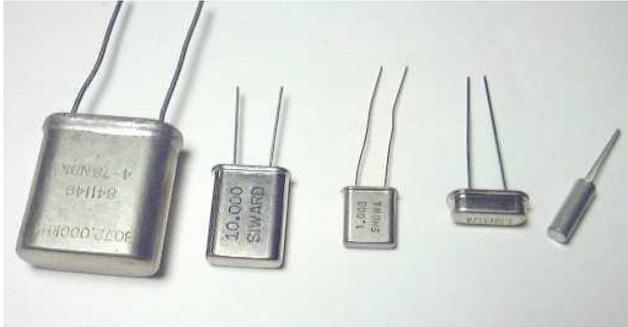
Pada gandengan dibawah kritis

k.Q < 1 tertampil bentuk seperti kurva resonansi.

Pergeseran fasa antara tegangan masukan dan tegangan keluaran filter band saat resonansi sebesar 90^0, dibawah frekuensi resonansi lebih kecil dari 90^0

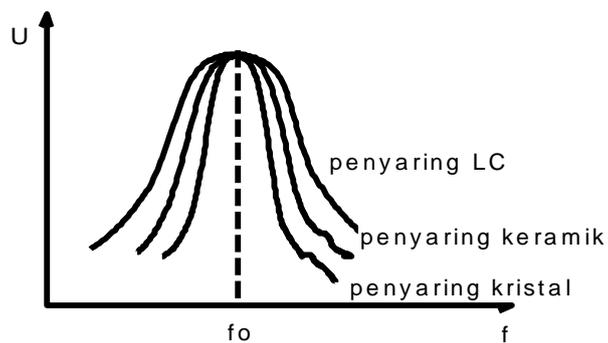
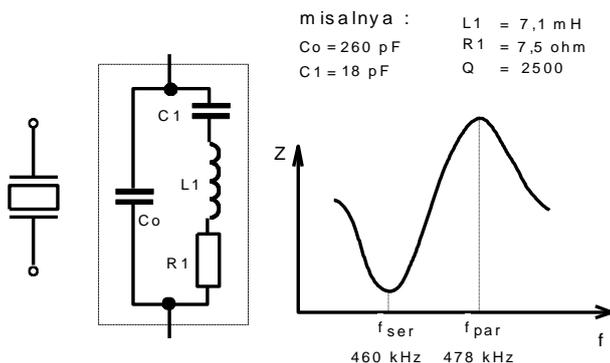
dan diatas frekuensi resonansi lebih besar dari 90^0. Filter band yang banyak digunakan dalam teknik radio dan televisi adalah yang tergandeng induktip.

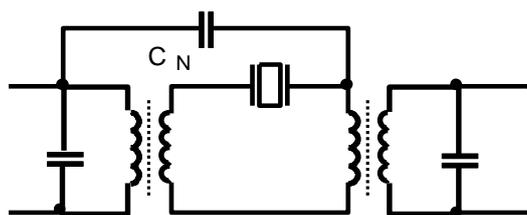
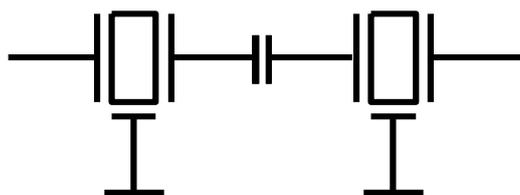
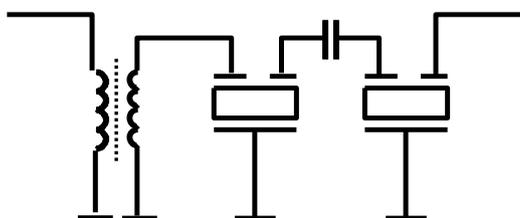
Filter kwarsa dan Keramik

Selain filter dengan LC tredapat pula filter dengan menggunakan kwarsa (Quars) dan keramik.

Gambar 7.10. Kristal kuarsa

Dengan filter kwarsa dapat dicapai kualitas Q antara 20000 sapai 200.000. Nampak pada gambar diatas filter quart dengan frekwensi 10.000Hz atau 10 Khz, di pasaran tersedia filter quart dengan frekwensi dari orde Khz sampai dengan ratusan Mhz , namun ada pula filter jenis quart yang dibuat khusus untuk keperluan filter pada radio komunukasi, jenis filter ini dinamakan mechanical filter, dia mempunyai dimensi fisik lebih besar dan mampu melalukan frekwensi resonansi dengan band widh tertentu misalnya 2,5 Khz, nampak seperti pada gambar dibawah penggunaan mekanikal filter pada perangkat komunikasi SSB.

Gambar 7.11. Filter pada perangkat SSB

Sedang filter keramik dapat mencapai kualitas Q antara 70 sampai 3000, untuk memperbesar kualitas filter-filter keramik dapat dihubung seri. Selain kualitas Q yang besar, filter keramik tanpa MEDAN PENGENDALI MAGNETIS. Stabil terhadap PERUBAHAN SUHU dan lebih murah dibanding pada filter LC. PENALAAN tidak diperlukan pada filter-filter keramik. Filter-filter keramik bekerja berdasarkan atas EFEK PIEZO. Dengan memberikan tegangan bolak-balik pada filter keramik akan diperoleh GETARAN MEKANIS. Pada frekuensi tertentu akan tertampil suatu resonansi.

Gambar 7.12. Berbagai hasil penyaring

Gambar 7.13. Contoh rangkaian penyaring dan hasil kurvanya

Gambar 7.13 diatas menunjukkan rangkaian pengganti suatu resonator keramik dan kurva laluannya. Kapasitansi Co terbentuk oleh elektroda-elektrodanya. C1 dan L1 membentuk resonator seri. Dengan C1 dan C0 terhubung seri maka kumparan L1 akan terhubung paralel, dan terbentuklah resonator paralel.

a) Filter keramik dalam resonansi seri

b) Rangkaian filter keramik dalam resonansi seri

c) Filter keramik ganda dalam resonansi parallel

Gambar 7.14. Macam-macam rangkaian penyaring keramik

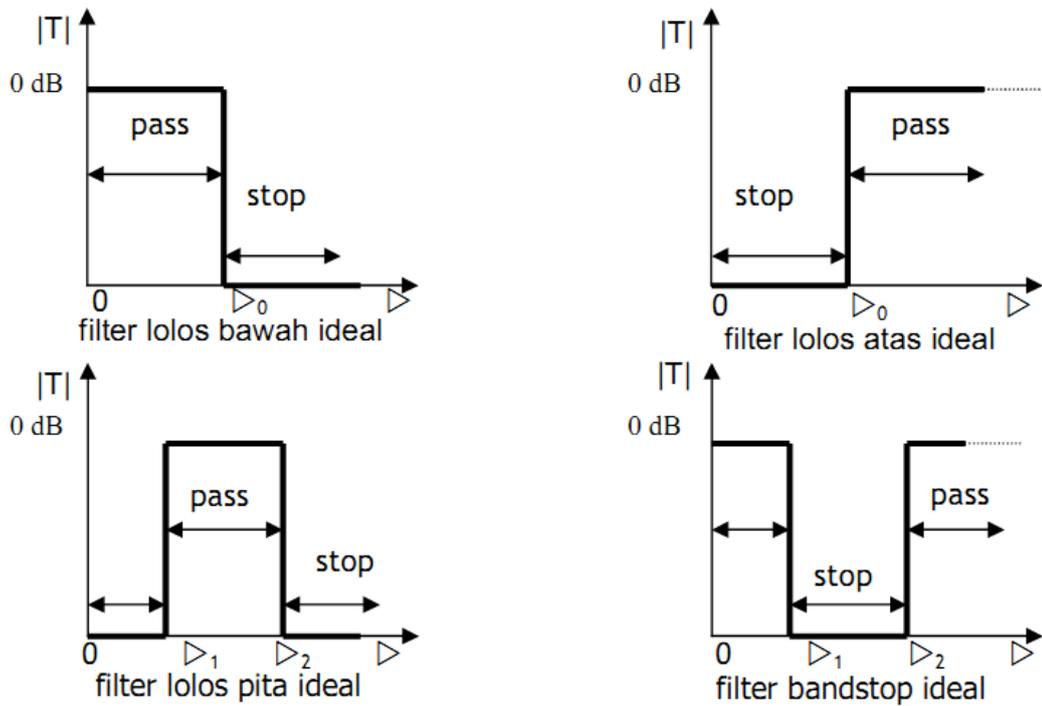
2. PENYARING FREKUENSI AUDIO

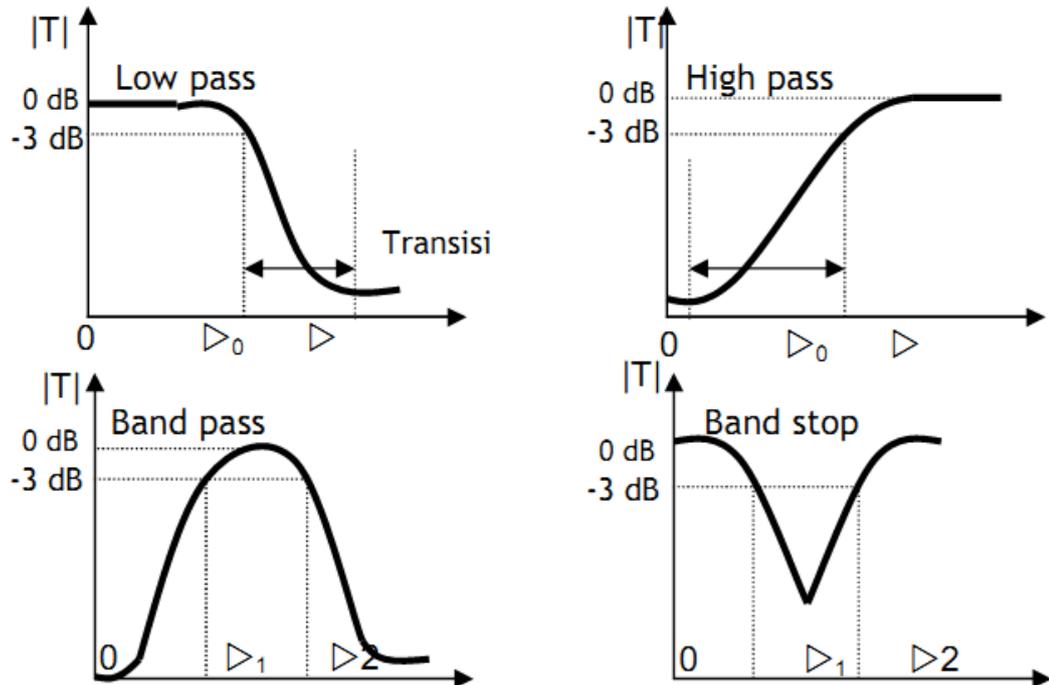
Filter atau penyaring frekuensi audio adalah suatu sistem yang dapat memisahkan sinyal berdasarkan frekuensinya; ada frekuensi yang diterima, dalam hal ini dibiarkan lewat; dan ada pula frekuensi yang ditolak, dalam hal ini secara praktis dilemahkan.

Magnitude (nilai besar) dari fungsi alih dinyatakan dengan |T|, dengan satuan dalam desibel (dB). Filter dapat diklasifikasikan menurut fungsi yang ditampilkan, dalam term jangkauan frekuensi, yaitu passband dan stopband. Dalam pass band ideal, magnitude-nya adalah 1 (= 0 dB), sementara pada stop band, magnitude-nya adalah nol (= - dB).

Berdasarkan hal ini filter dapat dibagi menjadi 4.

1. Filter lolos bawah (*low pass filter*), pass band berawal dari ω = 2pf = 0 radian/detik sampai dengan ω = ω 0 radian/detik, dimana ω 0 adalah frekuensi cut-off.
2. Filter lolos atas (*high pass filter*), berkebalikan dengan filter lolos bawah, stop band berawal dari ω = 0 radian/detik sampai dengan ω = ω 0 radian/detik, dimana ω 0 adalah frekuensi cut-off.
3. Filter lolos pita (*band pass filter*), frekuensi dari ω 1 radian/detik sampai ω 2 radian/detik adalah dilewatkan, sementara frekuensi lain ditolak.
4. Filter stop band, berkebalikan dengan filter lolos pita, frekuensi dari ω 1 radian/detik sampai ω 2 radian/detik adalah ditolak, sementara frekuensi lain diteruskan.

Berikut ini gambaran karakteristik filter ideal dalam grafik magnitude terhadap frekuensi (dalam radian/detik).

Gambar 7.15. Karakteristik Filter Ideal

Karakter filter riil tidaklah sama dengan karakter filter ideal. Dalam filter riil, frekuensi cut-off mempunyai magnitude -3 dB, bukan 0 dB. Pada filter riil juga terdapat apa yang disebut pita transisi (transititon band), yang kemiringannya dinyatakan dalam dB/oktav atau dB/dekade.

Gambar 7.16. Karakteristik Filter riil

Menurut pemakaian komponen aktif, filter dapat dibedakan menjadi filter pasif dan filter aktif.

Filter Pasif

Yaitu filter yang tidak menggunakan komponen aktif. Komponen filter hanya terdiri dari komponen-komponen pasif : tahanan (R), induktor (L) dan kapasitor (C), RC, LC atau RLC. Filter ini mempunyai beberapa kelemahan, antara lain :

a. peka terhadap masalah kesesuaian impedansi.
b. relatif berukuran besar dan berat, khususnya filter yang menggunakan induktor (L).
c. non linieritas, khususnya untuk frekuensi rendah atau untuk arus yang cukup besar.

Filter Aktif

Yaitu filter yang menggunakan komponen aktif, biasanya transistor atau penguat operasi (op-amp). Kelebihan filter ini antara lain :

a. untuk frekuensi kurang dari 100 kHz, penggunaan induktor (L) dapat dihindari

b. relatif lebih murah untuk kualitas yang cukup baik, karena komponen pasif yang presisi harganya cukup mahal.

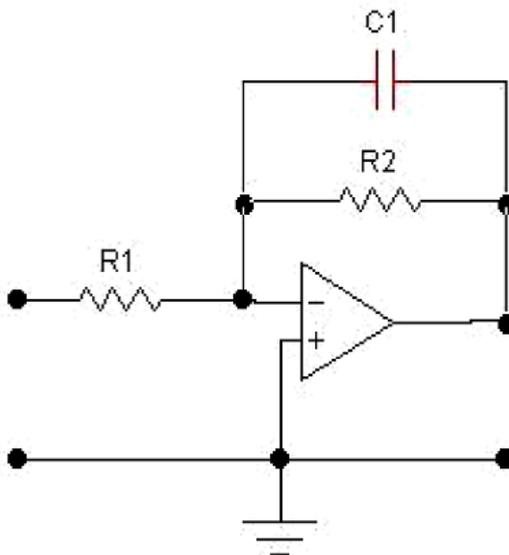
Beberapa macam filter yang termasuk ke dalam filter aktif adalah :

Filter Lolos Bawah (*Low Pass Filter*)

Suatu filter lolos bawah orde satu dapat dibuat dari satu tahanan dan satu kapasitor seperti pada Gambar 7.17. Filter orde satu ini mempunyai pita transisi dengan kemiringan -20 dB/dekade atau –6 dB/oktav. Penguatan tegangan untuk frekuensi lebih rendah dari frekuensi cut off adalah :

Av = - R2 / R1

sementara besarnya frekuensi cut off didapat dari :

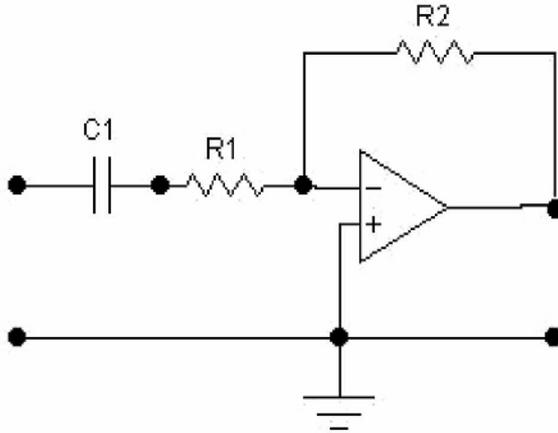
fC = 1 / (2πR2C1)

Gambar 7.17. Filter Lolos Bawah Orde 1

Filter Lolos Atas (*High Pass Filter*)

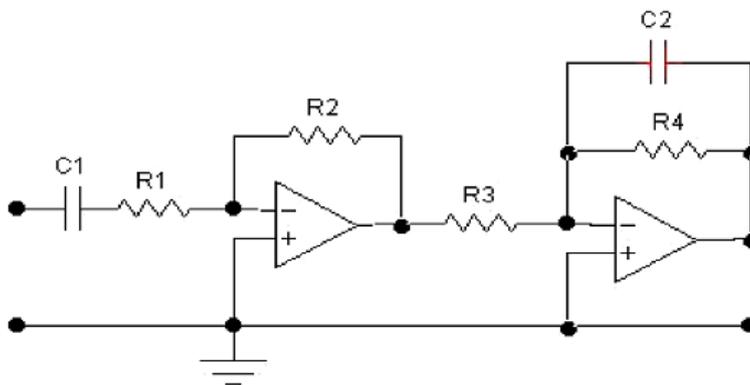
Suatu filter lolos bawah orde satu dapat dibuat dari satu tahanan dan satu kapasitor seperti pada Gambar 7.18. (perhatikan perbedaannya dengan Gambar 7.17. pada penempatan C1). Filter orde satu ini mempunyai pita transisi dengan kemiringan 20 dB/dekade atau 6 dB/oktav. Penguatan tegangan untuk frekuensi lebih tinggi dari frekuensi cut off adalah :

Av = - R2 / R1

sementara besarnya frekuensi cut off didapat dari :

$fC = 1 / (2\pi R1C1)$

Gambar 7.18. Filter Lolos Atas Orde 1

Filter Lolos Pita (*Band Pass Filter*)

Suatu filter lolos pita dapat disusun dengan menggunakan dua tahap, pertama adalah filter lolos atas dan kedua adalah filter lolos bawah seperti pada gambar berikut :

Gambar 7.19. Filter Lolos Pita

Penguatan tegangan untuk pita lolos adalah :

$Av = (-R2 / R1) (-R4 / R3)$

Besarnya frekuensi cut off atas didapat dari :

$fCH = 1 / (2\pi R1C1)$

Besarnya frekuensi cut off bawah didapat dari :

$fCL = 1 / (2\pi R4C2)$

C. RANGKUMAN

Pelalu band hanya melalukan frekuensi suatu daerah frekuensi terbatas pada keluaran, semua frekuensi diatas dan dibawahnya dihalangi. Dalam teknik pengiriman tanpa kawat (teknik radio) digunakan rangkaian filter LC karena dengan filter LC dapat diperoleh KEMIRINGAN YANG LEBIH TAJAM dari pada filter RC atau RL.

Lebar band dapat dijelaskan demikian, suatu peralatan dapat melalukan sinyal dengan frekuensi 450 kHz sampai 460 kHz, berarti peralatan itu mempunyai lebar band 10 kHz. Lebar band tergantung dari kualitas rangkaian, semakin kecil kualitas rangkaian, Q semakin lebar bandnya.

Dengan kualitas Q yang kecil dicapai suatu lebar band yang lebar, tetapi daya pilah (selektifitas) tidak baik, karena bentuk kemiringan kurva yang LANDAI. Sehingga tidak jelas batas frekuensi yang mana yang dilalukan dan yang mana ditahan.

Pergeseran fasa antara tegangan masukan dan tegangan keluaran filter band saat resonansi sebesar 90^0, dibawah frekuensi resonansi lebih kecil dari 90^0 dan diatas frekuensi resonansi lebih besar dari 90^0. Filter band yang banyak digunakan dalam teknik radio dan televisi adalah yang tergandeng induktip.

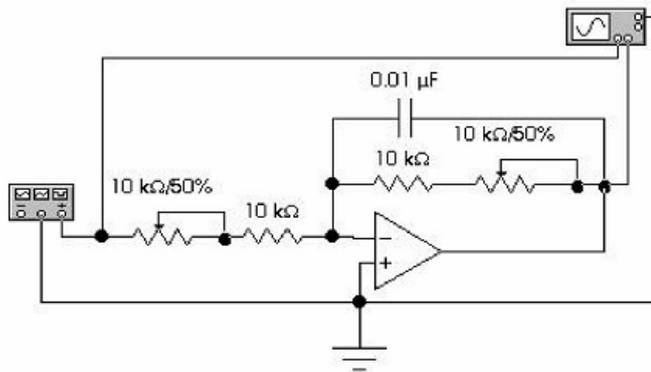
Selain filter dengan LC tredapat pula filter dengan menggunakan kwarsa (*Quars*) dan keramik. Dengan filter kwarsa dapat dicapai kualitas Q antara 20000 sapai 200.000. Sedang filter keramik dapat mencapai kualitas Q antara 70 sampai 3000, untuk memperbesar kualitas filter-filter keramik dapat dihubung seri.

Filter atau penyaring frekuensi audio adalah suatu sistem yang dapat memisahkan sinyal berdasarkan frekuensinya; ada frekuensi yang diterima, dalam hal ini dibiarkan lewat; dan ada pula frekuensi yang ditolak, dalam hal ini secara praktis dilemahkan

Filter Pasif, yaitu filter yang tidak menggunakan komponen aktif. Komponen filter hanya terdiri dari komponen-komponen pasif : tahanan (R), induktor (L) dan kapasitor (C), RC, LC atau RLC.

Filter Aktif, yaitu filter yang menggunakan komponen aktif, biasanya transistor atau penguat operasi (op-amp). Filter yang biasa digunakan dalam teknik audio ada 3 buah yaitu Low Pass Filter, Band Pass Filter dan High Pass Filter.

D. TUGAS

1. Bentuklah kelompok yang terdiri dari 3 siswa.
2. Buat rangkaian filter seperti gambar dibawah (catu daya op-amp tidak digambar).

3. Aturlah kedua resistor variabel pada nilai sekitar 6 k Ohm !
4. Hidupkan catu daya untuk filter, juga pembangkit sinyal dan oscilloscope !
5. Pilihlah sinyal jenis sinus pada pembangkit sinyal. Pilihlah frekuensi 10 Hz, Aturlah amplitudo sinyal keluaran dari pembangkit sinyal, sedemikian rupa sehingga keluaran filter maksimum dan tidak cacat !
6. Ukurlah tegangan puncak ke puncak pada masukan (Vi) dan pada keluaran (Vo) dengan menggunakan oscilloscope, Kemudian ulangi langkah tersebut untuk berbagai frekuensi. Hitunglah perbandingan Vo dan Vi, kemudian nyatakan perbandingan tersebut dalam dB. Sehingga Tabel berikut dapat terisi secara lengkap !

No	Frekuensi (Hz)	Vi (Vpp)	Vo (Vpp)	Vo / Vi	Vo / Vi (dB)
1	10				
2	50				
3	100				
4	200				
5	300				
6	400				
7	500				
8	600				
9	700				

10	800				
11	900				
12	1000				
13	2000				
14	4000				
15	6000				
16	8000				
17	10000				
18	12000				
19	15000				
20	20000				

7. Pindahkan hasil pengamatan dalam tabel diatas ke dalam kertas semilog! Nilai frekuensi dalam Hz tersebut digambar pada sumbu datar yang logaritmis, sementara nilai perbandingan Vo/Vi (dalam dB) digambar pada sumbu vertikal yang linier !
8. Amati dari grafik hasil pengamatan! Berapakah magnitude pada frekuensi 1 k Hz ? Apakah nilainya –3 dB ? Kalau tidak, kenapa? Dan bagaimana cara untuk membetulkannya ?

E. TES FORMATIF

1. Filter jenis apa yang biasa digunakan dalam teknik radio pemancar ?
2. Berapakah nilai magnitude pada filter riil dimana frekuensi cut-off berada?
3. Apa yang membedakan filter pasif dengan filter aktif ?
4. Sebutkan kelebihan filter aktif dibandingkan dengan filter pasif !
5. Pada pesawat pemancar radio, filter yang digunakan biasanya adalah filter pasif. Kenapa tidak menggunakan filter aktif ?

4.2 KEGIATAN BELAJAR 8

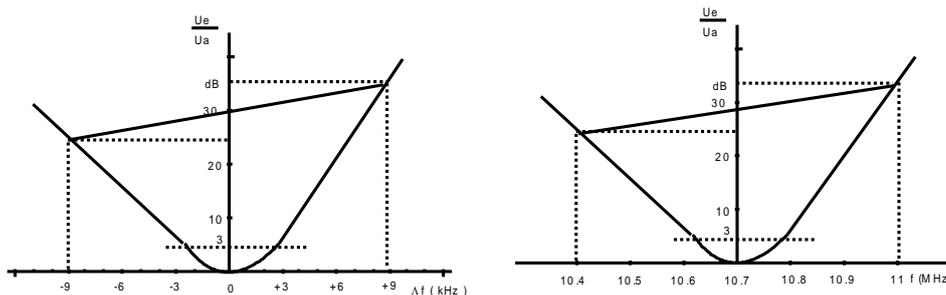
A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

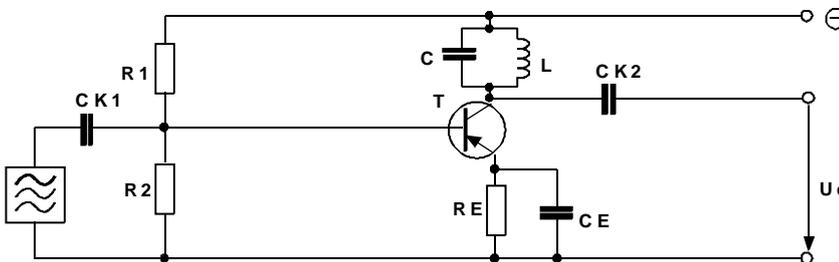
Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

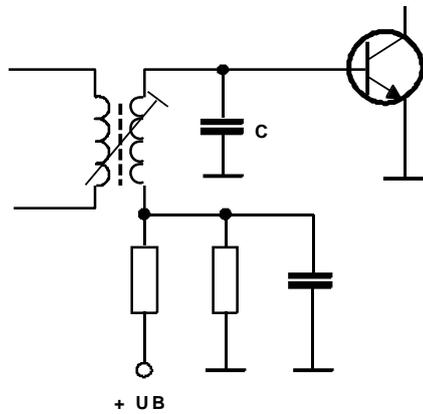
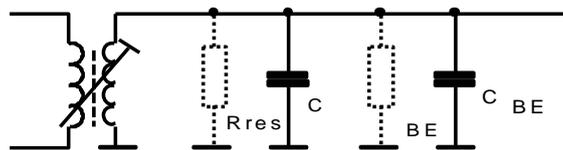
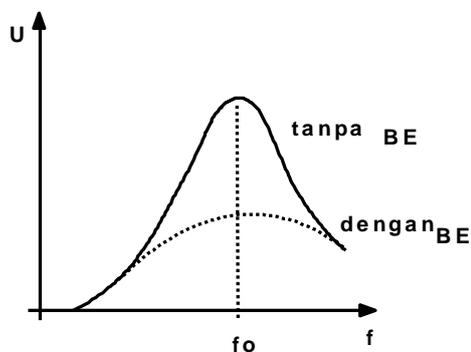
Memahami rangkaian penguat frekuensi antara (IF) radio.

B. MATERI

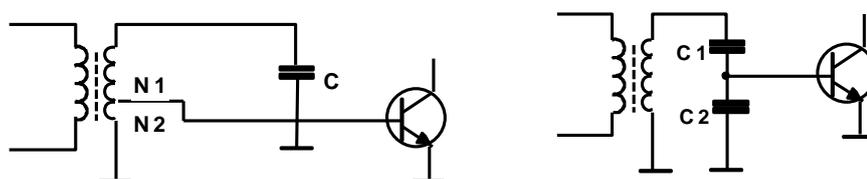
Penguat frekuensi antara adalah sebuah penguat FREKUENSI TINGGI SELEKTIF UNTUK FREKUENSI ANTARA (f IF).

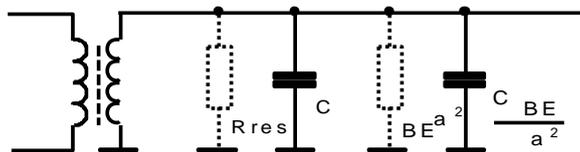
Penyeleksian dicapai dengan rangkaian RESONATOR LC atau filter keramik. Penguat frekuensi antara bertugas MENGUATKAN SINYAL FREKUENSI ANTARA. Dengan lebar band yang diperlukan, lebar band untuk AM (MW,SW,LW) sekitar 5 kHz sampai 9 kHz dan untuk FM sekitar 150 kHz sampai 200 kHz (stereo). Selain itu penguat frekuensi antara harus mempunyai sisi yang curam pada batas band.

Gambar 8.1. Kurva laluan frekuensi antara AM dan FM

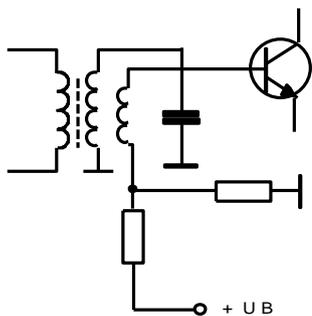
Rangkaian dasar dari penguat antara

Gambar 8.2. Rangkaian dasar penguat frekuensi antara (IF)

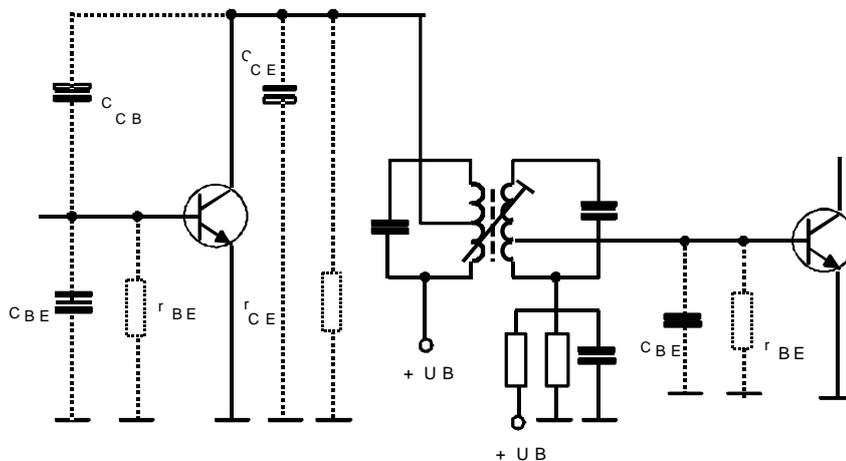
Rangkaian penguat selektif menguatkan sinyal dengan frekuensi TERTENTU, frekuensi ditentukan oleh rangkaian PARALEL L dan C.

Gambar 8.3. Pembebanan filter band

Gambar 8.4. Rangkaian filter pada penguat IF

Gambar 8.5.Kurva laluan IF

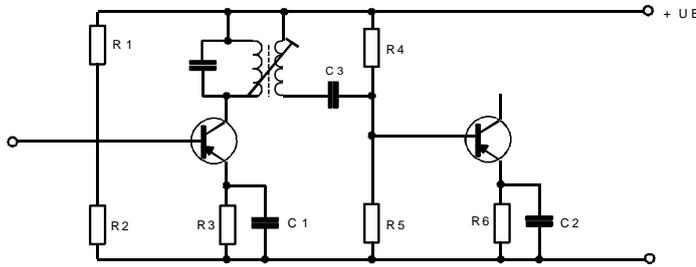
Tahanan basis emitor membebani rangkaian resonator atau filter band sehingga MEREDAM SANGAT KUAT, gambar B adalah rangkaian pengganti dari rangkaian gambar A tahanan resonansi R res terletak PARALEL dengan tahanan basis emitor r_{BE}.

Untuk menghindari hal diatas maka dibuatlah rangkaian sebagai berikut.

Gambar 8.6. Resonator pengganti

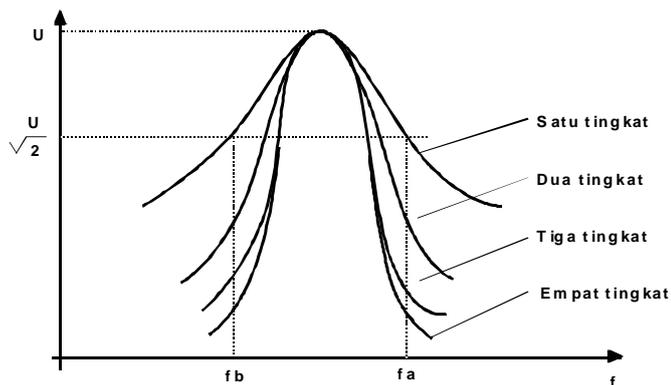
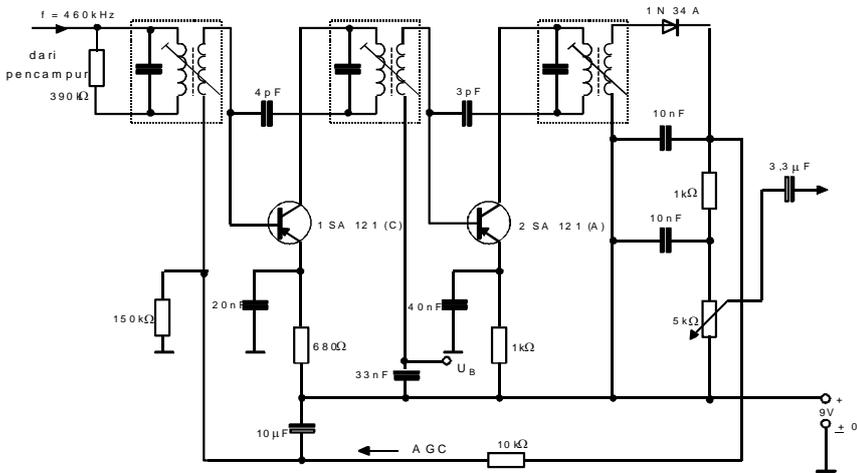
$$a = \frac{N_1 + N_2}{N_2} \qquad a = \frac{C_2}{C_t} \qquad \frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Gambar 8.7.

Maka tahanan dan tahanan buta Xc masukan transistor di transformasikan kedalam lingkaran, sehingga R_{BE} menjadi BESAR dan C_{BE} MENGECIL. Untuk hasil yang sama dapat pula dengan gulungan TERPISAH. Berdasarkan tahanan masukannya yang besar, transistor efek medan dapat dihubungkan LANGSUNG.

Gambar 8.8.

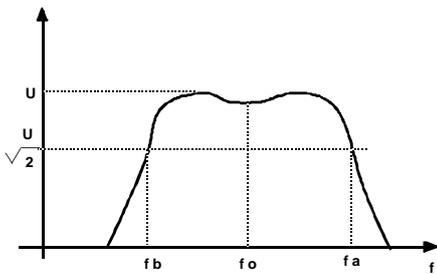
Yang bertanggung jawab menentukan kurva laluan tidak hanya tingkat masukan melainkan juga tingkat yang terletak didepannya.

Gambar 8.9.

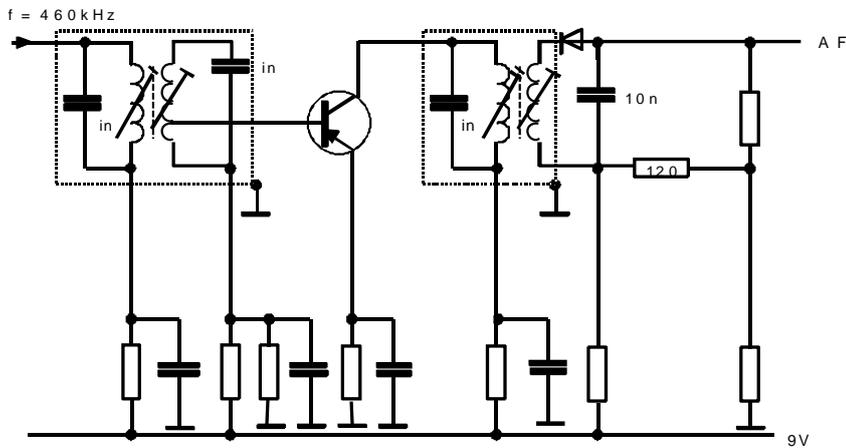
Besaran pengganggu dalam penguat IF Rangkaian penguat frekuensi antara penalaan tunggal.

Gambar 8.10.

Lingkaran resonator penentu band frekuensi yang ditala dapat kapasitor atau kumparannya. Penlaan frekuensi yang diinginkan efektif dengan menala INTI FERIT DARI KUMPARAN.

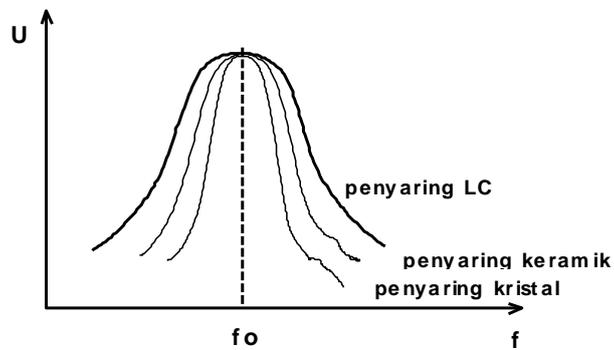
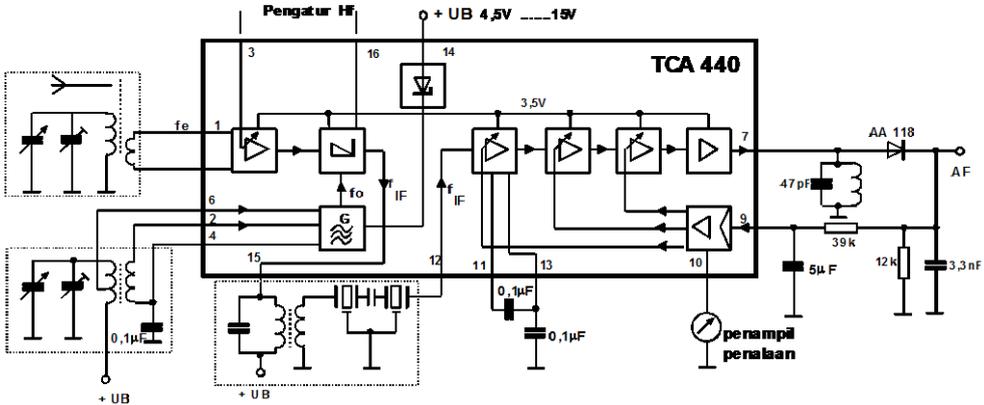
Seringkali diinginkan penguatan yang besar, ini dapat diperoleh dengan hanya satu tingkat, dua tingkat atau lebih yang digandeng dalam kaskade. Penguatan keseluruhannya adalah hasil kali dari masing-masing penguatan tiap tingkat, misal penguat terdiri dari dua tingkat dengan penguatan masing-masing 10 kali maka penguatan keseluruhan 10 x 10 = 100 kali. Selain itu penguat tergandeng kaskade mempunyai efek PENGURANGAN lebar band 3 dB, semakin banyak penguat yang dirangkaikan, lebar band pada 3 dB semakin SEMPIT.

Gambar 8.11. Kurva laluan IF berbagai tingkat

Gambar 8.12. Rangkaian IF radio AM

Contoh rangkaian penguat IF penalaan tunggal dua tingkat, Sifat penguatan terhadap frekuensi resonansi berbentuk bulat, dan jatuh pada salah satu sisi resonansi. Hasilnya, penguat penalaan tunggal tidak dapat MEMBEDAKAN dengan tepat frekuensi yang diinginkan dengan yang tidak diinginkan.

Rangkaian penguat frekuensi antara penalaan ganda, Untuk mengatasii keburukan dari penguat IF penalaan tunggal digunakan transformator penggandeng dengan penalaan ganda. Penalaan ganda dapat mengatasi kelemahan serta kekurangan dari penalaan tunggal

Gambar 8.13.

Gambar 8.14. Gambar keramik filter untuk IF FM dalam penerima radio FM

Gambar 8.15.

Penguat antara IF menggunakan filter keramik.

Selain filter band dengan LC, dipakai juga filter kwarsa (quarz) dan filter keramik untuk mendapatkan daya pilah yang tinggi.

Gambar 8.16.

Gambar 8.17. Rangkaian IF dalam chip

C. RANGKUMAN

Penguat frekuensi antara adalah sebuah penguat FREKUENSI TINGGI SELEKTIF UNTUK FREKUENSI ANTARA (f IF). Penyeleksian dicapai dengan rangkaian RESONATOR LC atau filter keramik. Penguat frekuensi antara bertugas MENGUATKAN SINYAL FREKUENSI ANTARA. Dengan lebar band yang diperlukan, lebar band untuk AM (MW,SW,LW) sekitar 5 kHz sampai 9 kHz dan untuk FM sekitar 150 kHz sampai 200 kHz (stereo).

Rangkaian penguat selektif menguatkan sinyal dengan frekuensi TERTENTU, frekuensi ditentukan oleh rangkaian PARALEL L dan C. Pada rangkaian IF yang bertanggung jawab menentukan kurva laluan tidak hanya tingkat masukan melainkan juga tingkat yang terletak didepannya.

Seringkali diinginkan penguatan yang besar, ini dapat diperoleh dengan hanya satu tingkat, dua tingkat atau lebih yang digandeng dalam kaskade. Penguatan keseluruhannya adalah hasil kali dari masing-masing penguatan tiap tingkat, misal penguat terdiri dari dua tingkat dengan penguatan masing-masing 10 kali maka penguatan keseluruhan 10 x 10 = 100 kali.

D. TUGAS

1. Buatlah kelompok yang terdiri dari 3 orang
2. Siapkan sebuah penerima radio AM, Oscilloscope dan RF Generator
3. Atur RF generator pada frekuensi 455KHz dan termodulasi AM dengan besar amplitudo 100mVpp.
4. Carilah blok rangkaian IF pada radio FM dan pastikan letak input frekuensi IF. Hubungkan output RF Generator ke input rankaian IF tersebut.
5. Tentukan juga letak/posisi output rangkaian IF (sebelum rangkaian detektor).
6. Dengan menggunakan oscilloscope periksa dan ukur output rangkaian penguat IF tersebut. Gambarlah bentuk gelombangnya dan catat hasilnya.
7. Ulangi langkah-langkah diatas dan lengkapilah tabel dibawah.
8. Gambarlah grafik bandwidh rangkaian penguat IF tersebut berdasarkan data dari tabel

Tabel

No	Frekuensi (KHz)	Output IF (Vpp)
1	440	
2	445	
3	450	
4	455	
5	460	
6	465	
7	470	

E. TES FORMATIF

1. Terangkan fungsi penguat frekuensi antara !
2. Terangkan akibat pembebanan filter !
3. Terangkan prinsip kerja sebuah penguat IF !

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

2 ....
....
....
....

3 ....
....
....
....

4.3 KEGIATAN BELAJAR 9

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

Memahami macam-macam sistim penerima, pemancar dan pancarima radio.

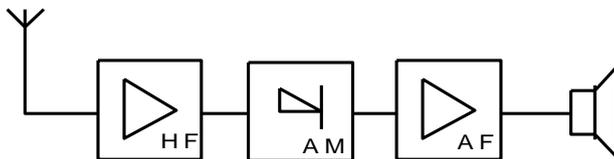
B. MATERI

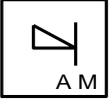
1. SISTEM PENERIMA

Pesawat penerima radio mempunyai fungsi sebagai berikut: pertama memisahkan sinyal radio yang dikehendaki dari semua sinyal radio lain yang diterima oleh antena, dan menolaknya sinyal yang tidak dikehendaki tersebut, sinyal yang dipisahkan tersebut lalu dikuatkan sampai pada tingkatan tertentu yang dapat digunakan, dan akhirnya memisahkan sinyal suara dipisahkan dari pembawa (*carier*) radio untuk didapatkan kembali sinyal informasi dan selanjutnya sinyal audio tersebut dikuatkan dan diumpankan ke speaker.

Pada bab ini akan mempelajari prinsip kerja dari 2 jenis radio penerima yang biasa dipakai , yaitu jenis radio penerima langsung (straigh) dan penerima tidak langsung (superheterodine), pembahasan didasarkan pada diagram blok dan masing masing blok akan dibahas secara detail. Sedangkan jika ditinjau dari proses modulasinya maka pada bahasan buku ini diklasifikasikan menjadi dua yaitu penerima radio AM dan penerima radio FM

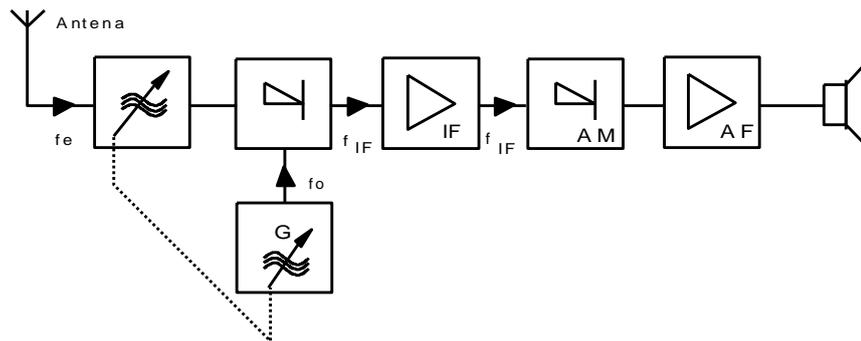
a. Gambar Blok Penerima langsung

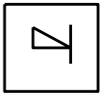
Merupakan generasi awal dari penerima radio pada penerima ini tidak terjadi konversi frekwensi dan sangat sederhana sehingga masih banyak kelemahannya, secara blok ditunjukkan pada gambar 9.1 dibawah ini.

Gambar 9.1. Blok penerima radio langsung (straigh)

Gambar	Keterangan
HF	Penguat frekuensi tinggi merupakan penguat selektif, hanya frekuensi sinyal tertentu saja yang dikuatkan.
AM	Demodulator atau detektor, memisahkan sinyal berfrekuensi rendah dari sinyal berfrekuensi tinggi
AF	Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal berfrekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loudspeaker
	Loudspeaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara

Penerima langsung menerima sinyal tanpa *PERUBAHAN BESAR FREKUENSI* sampai pada tingkat demodulator. Pada bagian penguat frekwensi tinggi terdapat penguat selektif, yang menguatkan sinyal RF dengan penguatan tertala, jadi menguatkan satu frekwensi saja dan menolak frekwensi diluar frekwensi yang ditala.

Kekurangan dari penerima ini bahwa : penguatan frekuensi tinggi tergantung pada besarnya frekuensi kerja. Untuk menerima dari pemancar lain rangkaian resonator dari penguat frekuensi tinggi harus *DITALA* lagi. Untuk dapat menerima banyak pemancar dibutuhkan rangkaian resonator yang banyak pula. Kelemahan penerima semacam ini adalah mempunyai selektifitas sinyal yang berdekatan yang buruk, terutama untuk penelaan pada bidang frekwensi yang lebar , ini disebabkan oleh faktor Q dari rangkaian tala yang berubah seiring dengan perubahan frekwensi.

Mengingat banyaknya kelemahan dari sistim pertama dengan penerima langsung, dikembangkan sistem yang kedua dengan sistim penerima tidak langsung atau yang lebih populer dengan nama penerima superheterodyne.

b. Blok Radio Penerima Tidak langsung (Superheterodyne)

Gambar 9.2. Gambar Blok Penerima radio Superheterodyne

Gambar	Keterangan
	Penala memilh sinyal RF yang diinginkan
G	Osilator lokal membangkitkan getaran , untuk MW kira-kira 900 kHz sampai 2000 kHz
	Pencampur, mencampur sinyal yang diterima (dari penala) dengan sinyal dari osilator sehingga diperoleh sinyal dengan frekuensi anta (IF). Frekuensi antara untuk semua sinyal penerimaan sama yaitu 455 kHz - 470 kHz
IF	Penguat frekuensi antara (IF) menguatkan sinyal dengan frekuensi antara (IF)

A M	Demodulator atao detektor memisahkan sinyal frekuensi rendah dari sinyal frekuensi antara
A F	Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal frekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loud speaker
	Loud speaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara

Penerima superheterodin dikembangkan untuk memperbaiki selektifitas dari sinyal radio dengan frekwensi yang berdekatan dengan cara menggiring semua frekwensi yang diterima ke satu frekwensi tertentu yang seragam yaitu frekwensi IF. Hal ini akan mempermudah pemrosesan selanjutnya karena rangkaian ditala pada frekwensi yang tetap sama dan tidak berubah meskipun dipilih atau dirubah pada setasiun yang berbeda beda.

Prinsip Superheterodin adalah jika ada dua buah sinyal sinusoidal dengan frekwensi yang berbeda dicampurkan sehingga kedua sinyal tersebut saling mengalikan atau menambahkan dan dilewatkan pada sebuah fungsi transfer tidak linier maka keluarannya akan mengandung komponen frekwensi jumlah dan selisih dari kedua frekwensi tersebut.

Pada penerima radio superheterodyne, frekuensi sinyal yang diterima diubah kedalam frekuensi yang lebih rendah yang disebut frekuensi antara (IF = *Intermediate Frequency*). Frekuensi ini sama untuk semua sinyal yang diterima baik dari band MW , LW maupun SW yaitu 455 kHz - 470 kHz. Penguatan utama dari sinyal yang diterima berada pada penguat frekuensi antara , frekuensi antara besarnya konstan sehingga hanya diperlukan satu penguat untuk frekuensi IF.

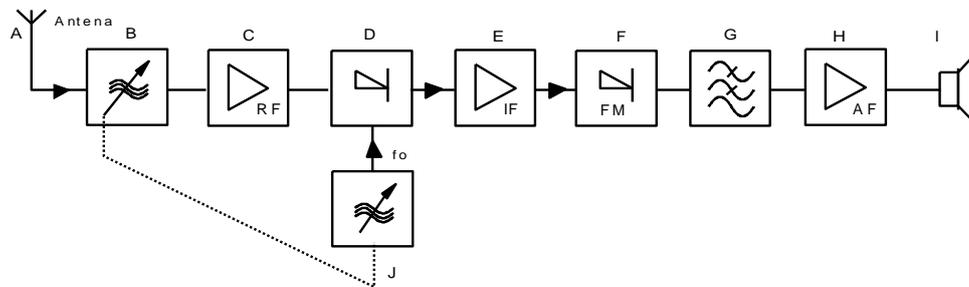
Frekuensi Antara

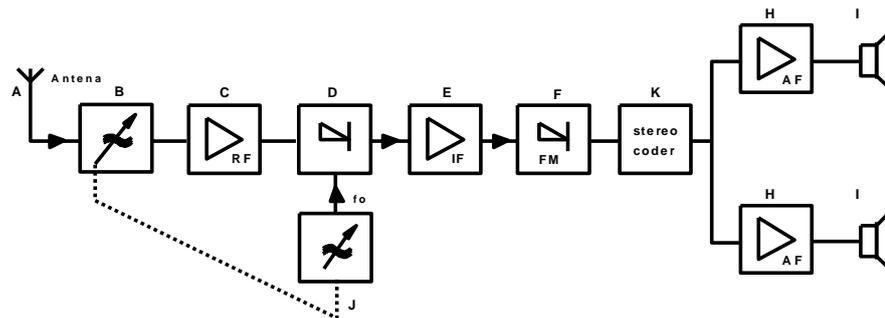
Besarnya frekuensi antara **IF = fo – fe ,** fo = Frekuensi osilator dan fe = Frekuensi penerimaan

Contoh :

Berapa besar perubahan frekuensi osilator MW jika pemancar berfrekuensi 530 kHz - 1300 kHz seharusnya diterima ?

Jawab 1. fo = 530 kH + 455 kHz = 985 kHz ; fo_2 = 1300 kHz + 455 kHz = 1755 kHz

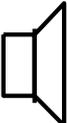
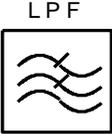
c. Blok Penerima FM Mono

Gambar 9.3. Blok Penerima FM Mono

d. Blok Penerima FM Stereo

Gambar 9.4. Blok Penerima FM Stereo

Secara gambar rangkaian blok , penerima FM hampir sama dengan penerima AM , perbedaan berada pada frekuensi yang diterima yaitu antara 88 Mhz - 108 Mhz dan frekuensi antara sebesar 10,7 Mhz serta cara demodulasinya serta bagian low pass filter pada penerima mono dan pada mode stereo dilengkapi dengan stereo decoder dan 2 power amplifier untuk sistem penerima FM stereo.

Gambar	Keterangan
	Penala memilih sinyal yang diinginkan dengan cara membuat suatu rangkaian resonator yang frekwensi resonansinya dapat dirubah rubah (geser) daerah kerja penala ini tergantung dari frekwensi yang akan diterima dan menurut aturan internasional seperti misalnya untuk

	FM berada pada daerah frekwensi antara 88 MHz. sampai dengan 108 MHz.
G	Osilator lokal membangkitkan gelombang listrik dengan frekwensi tertentu , pembangkitan ini ada beberapa jenis,mulai dari osilator LC dikenal dengan osilator hartley, colpit, meissner dan lain lain serta pada osilator osilator dengan performa yang bagus baik tingkat kesetabilan maupun kerja frekwensinya yaitu dengan menggunakan PLL syntesizer . untuk FM kira-kira 98,7 MHz sampai 118,7 MHz.
	Pencampur, mencampur sinyal yang diterima (dari penala) setelah dikuatkan terlebih dahulu pada RF amplifier dengan sinyal dari osilator output dari mixer ini mempunyai keluaran yang komplek karena terdiri dari banyak frekwensi , namun karena ditala pada frekwensi IF, sehingga diperoleh sinyal dengan frekuensi anta (IF) yang paling besar . Frekuensi antara untuk semua sinyal penerimaan sama yaitu 10,7 MHz. namun adakalanya frekuensi antara ini tidak sebesar 10,7 MHz , misalnya pada peralatan komunikasi VHF dan UHF menggunakan frekwensi antara yang lebih besar dari 10,7 MHz.
IF	Penguat frekuensi antara (IF) menguatkan sinyal dengan frekuensi antara (IF) frekwensi antara ini dikuatkan sampai beberapa kali dan tingkatan , hal ini diharapkan untuk mendapatkan performa yang baik, kualitas penguat IF ini akan mempengaruhi selektifitas dari penerima radio , pada penerima AM dibatasi daerah kerja (band width) sekitar 10 KHz, bahkan untuk penerima SSB kurang dari 5 KHz namun untuk FM lebih lebar karena daerah spektrum frekwensinya juga lebar pada peralatan komunikasi dengan sistem FM narow band band width IF cukup sempit antara 10 ~ 15 KHz.

	Sedang pada FM brodcasting FM mono berkisar sampai dengan 20 KHz. Sedangkan untuk FM stereo mencapai 240 KHz.
FM	Demodulator atau detektor berfungsi mengembalikan sinyal informasi yang termodulasi FM pada frekwensi IF , metode demodulasi ini ada beberapa cara , secara rinci dapat dilihat pada bahan ajar berikutnya.
A F	Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal frekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loud speaker
	Loud spekaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara
stereo coder	Stereo decoder berfungsi untuk mengkodekan atau mendapatkan kembali sinyal L dan sinyal R yang pada saat pengiriman sinyal tersebut dikodekan . stereo decoder ini akan berfungsi jika pemancar yang diterima juga pemancar stereo (informasi lebih lanjut ada pada LP selanjutnya).
LPF	Pelalu frekwensi rendah, suatu blok bagian yang terdapat pada penerima FM mono yang berfungsi untuk membatasi daerah laluan LPF ini mempunyai frekwensi guling atas sekitar 19 KHz, ini dimungkinkan agar penerima mono dapat kompatibel jika menerima siaran stereo dan hanya menerima sinyal L + R.

Frekuensi Antara (IF) intermediate frequency

Frekwensi antara adalah proses conversi frekwensi dari frekwensi pemancar (yang besarnya diantara 88 MHz. sampai dengan 108 MHz) yang ditangkap pada penerima menjadi satu frekwensi yang besarnya tetap.

Pada gambar blok penerima FM dapat dilihat perubahan besar frekwensi osilator akan selalu disertai dengan perubahan penalaan pada rangkaian penala, ini dimaksudkan agar antara penala dan osilator perubahan selalu sinkron pada osilator frekwensi osilasi diset lebih tinggi 10,7 MHz dari resonansi rangkaian penala angka 10,7 tersebut adalah besarnya frekwensi antara.

Besarnya frekuensi antara IF = fo - fe

fo = Frekuensi osilator

fe = Frekuensi penerimaan

Contoh :

Berapa besar perubahan frekuensi osilator FM pada daerah penerimaan 88 - 108 Mhz

Jawab :.

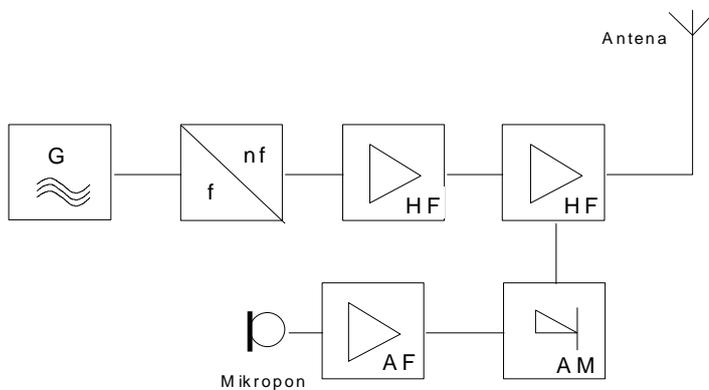
fol = 88 mHz + 10,7 Mhz = 98,7 kHz ; foh = 108 Mhz + 10,7 kHz = 118,7 MHz

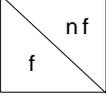
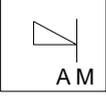
fol adalah frekwensi osilator low (terendah)

foh adalah frekwensi osilator high (tertinggi)

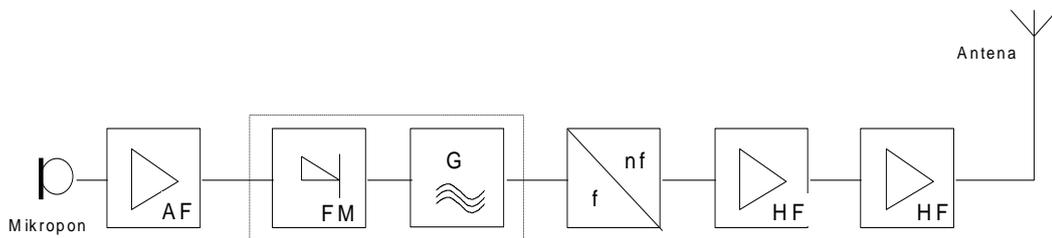
2. SISTEM PEMANCAR

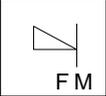
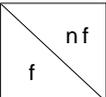
a. Pemancar AM

Rangkaian Blok Pemancar AM

Gambar 9.5. Blok pemancar AM

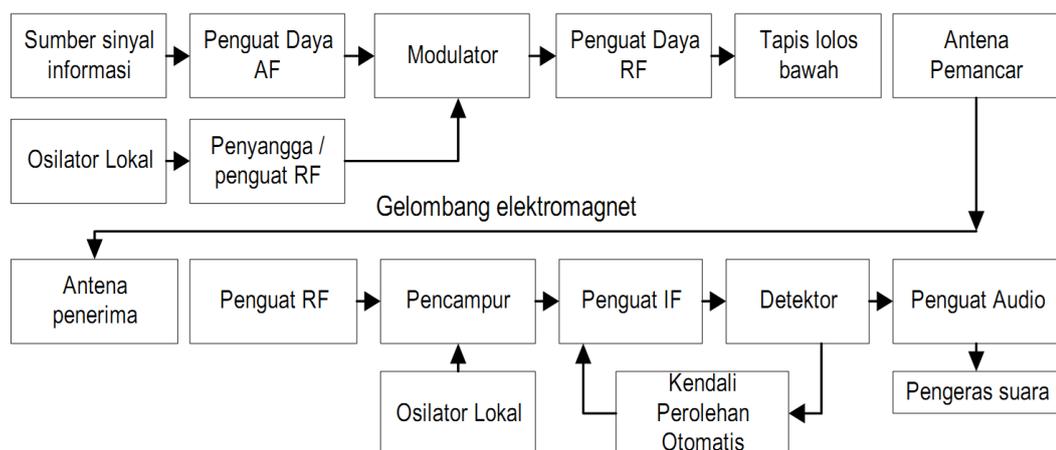
Gambar blok	Keterangan
G	Pembangkit tegangan bolak balik frekuensi tinggi
n f f	Pengganda frekuensi , frekuensi pembangkit digandakan sehingga frekuensi pancar. Blok ini juga sebagai penyangga
H F	Penguat frekuensi tinggi menguatkan tegangan frekuensi tinggi dari pengganda frekuensi .
A F	Penguat frekuensi rendah , menguatkan sinyal berfrekuensi rendah yang datang dari mikropon.
A M	Modulator AM memodulasi amplitudokan tegangan frekuensi tinggi (pembawa) sinyal frekuensi rendah

H F	Penguat akhir pemancar menguatkan sinyal AM sehingga dapat dipancarkan melalui antena ke udara..

b. Pemancar FM

Rangkaian Blok Pemancar FM

Gambar 9.6. Blok Pemancar FM

Gambar blok	Keterangan
AF	Penguat frekuensi suara, menguatkan sinyal suara dari mikropon
FM	Modulator FM memodulasi frekuensikan tegengan frekuensi tinggi dengan sinyal frekuensi rendah (suara).
G	Pembangkit tegangan bolak-balik berfrekuensi tinggi.
nf f	Pengganda frekuensi, menggandakan frekuensi pembangkit sehingga sebesar frekuensi pancar.

H F	Penguat frekuensi tinggi, menguatkan sinyal FM untuk kemudian diberikan pada penguat akhir pemancar.
H F	Penguat akhir pemancar menguatkan sinyal FM sehingga dapat dipancarkan melalui antena ke udara..

3. SISTIM PANCARIMA RADIO

Piranti elektronik yang digunakan untuk hubungan radio dikenal sebagai pesawat pancarima (radio transceiver). Diagram blok yang disederhanakan dari pemancar (Tx) dan penerima (Rx) super heterodhyne untuk menggambarkan pengolahan sinyal RF dapat dilihat pada gambar berikut :

Gambar 9.7. Diagram blok pemancar dan penerima radio

Berdasarkan gambar diatas, fungsi masing-masing blok dapat dijelaskan secara garis besar sebagai berikut :

1. Sumber sinyal informasi, dapat berasal dari konverter sinyal atau tranduser yang akan mengubah informasi menjadi sinyal listrik.
2. Osilator RF lokal, menentukan frekuensi pembawa/ kelipatannya. Karena kestabilan frekuensi yang baik diperlukan oleh pemancar, osilator sebaiknya dikendalikan oleh kristal.
3. Penyangga RF, menguatkan tingkat daya sinyal RF dari osilator keharga yang diperlukan untuk masukan modulator atau tingkat RF berikutnya.
4. Modulator, menggabungkan sinyal informasi dan komponen frekuensi pembawa untuk menghasilkan gelombang pembawa termodulasi.
5. Penguat daya RF, diperlukan untuk menghasilkan tingkat daya keluaran yang cukup besar hingga pada harga keluaran antena yang diinginkan.
6. Tapis lolos bawah berguna untuk meredam frekuensi harmonisa yang tidak diharapkan akibat komponen RF yang bekerja pada frekuensi tinggi.
7. Antena pemancar, merupakan batang logam yang mengubah energi RF menjadi gelombang elektromagnetik terpolarisasi agar energi yang dipancarkan optimal.
8. Antena penerima, menangkap gelombang elektromagnetik yang diterima dan mengkonversi kembali menjadi tegangan listrik.
9. Penguat RF, pada ujung depan suatu pesawat radio diperlukan untuk menaikan daya sinyal ketingkat yang sesuai untuk masukan pencampur.
10. Osilator lokal (LO), dalam penerima ditala untuk menghasilkan frekuensi lokal yang berbeda dengan frekuensi yang diterima dengan sselisih frekuensi sebesar frekuensi IF (*intermediate frequency*).
11. Pencampur, merupakan piranti tidak linear yang berfungsi sebagai konverter frekuensi dari RF masukan dengan frekuensi tinggi menjadi IF.
12. Penguat IF, menaikan sinyal RF termodulasi untuk deteksi sinyal pemodulasi dan sekaligus sebagai tapis keluaran pencampur.
13. Detektor, mendapatkan sinyal suara asli (pemodulasi) dari keluaran penguat IF. Pada bagian ini, tegangan searahkeluaran detektor dapat digunakan untuk masukan kendali perolehan otomatis.
14. Penguat audio, menguatkan sinyal dari hasil demodulator /detektor untuk masukan pengeras suara.

Persyaratan berikut mutlak dimiliki sebuah penerima radio komunikasi (*communications receiver*), antara lain :

1. Sensistivitas, didefinisikan sebagai besarnya tegangan yang harus diberikan pada antena penerima agar menghasilkan keluaran optimal pada pesawat. Kepekaan radio AM berkisar 10uV -10mV untuk radio komunikasi. Penerima radio broadcasting memiliki kepekaan sekitar 100uV – 10mV.
2. Selektivitas, diartikan sebagai kemampuan memisahkan sinyal yang diinginkan dengan sinyal yang lain agar diperoleh sinyal informasi yang bersih.
3. Kesetiaan (fidelitas), merupakan kemampuan penerima untuk menghasilkan suara dengan lebar pita mendekati aslinya.
4. IRR (*image rejection ratio*), merupakan kemampuan penerima untuk menolak frekuensi bayangan.
5. Penjejakan (*tracking*), merupakan kemampuan penerima untuk selalu mendapatkan sinyal RF pada frekuensi kerja.
6. AVC (*automatic volume control*), adalah rangkaian yang secara otomatis mengatur keluaran konstan untuk tingkat variasi masukan tertentu.

Sistem Modulasi

Sistem modulasi yang paling banyak diterapkan dalam radio komunikasi adalah sistem modulasi AM dan FM. Modulasi diperlukan karena adanya kesulitan untuk mentransmisikan sinyal informasi (pemodulasi) secara langsung, disebabkan :

1. Karakteristik saluran transmisi pada frekuensi rendah tidak stabil karena mudah terpengaruh frekuensi yang relatif lebih besar.
2. Transmisi sinyal melalui media nonfisis membutuhkan antena, dengan ukuran ideal minimal adalah ¼ panjang gelombang. Sehingga sinyal base band (audio, gambar, data) membutuhkan antena dengan ukuran fisik sangat besar apabila hendak dipancarkan langsung.

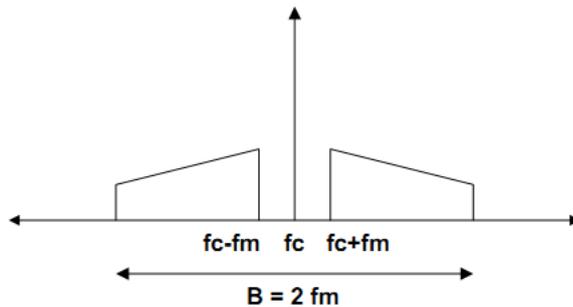
Modulasi Amplitudo

Persamaan matematis dari modulasi amplitudo adalah sebagai berikut :

Sinyal pemodulasi = Am cos (ωmt), Am = amplituda pemodulasi.

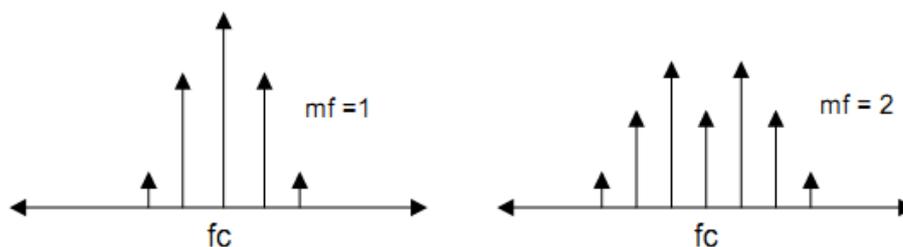
Sinyal pembawa = Ac cos (ωct) , Ac = amplituda pembawa.

Proses modulasi akan menghasilkan sinyal suatu modulasi AM dengan sinyal termodulasi.

Jika digambarkan spektrum frekuensinya, AM dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 9.8. Spektrum gelombang AM

Modulasi Frekuensi

Didalam modulasi frekuensi sinyal pemodulasi digunakan untuk mengubah frekuensi pembawa. Sinyal pemodulasi = Am sin ωmt, Am = amplitudo pemodulasi.

Dapat dijelaskan bahwa amplitudo pembawa relatif dan amplitudo pita sisi dalam sinyal FM berubah menurut amplitudo sinyal dan frekuensi sinyal pemodulasi, tetapi daya total yang terkandung dalam gelombang termodulasi tetap besarnya.

Gambar 9.9. Spektrum dari gelombang FM dengan indek modulasi berbeda

4. MERAKIT PANCARIMA SSB

Sebuah sideband tunggal (SSB) transceiver adalah perangkat transmisi berdaya rendah yang digunakan di radio amatir. Ini adalah salah satu jenis transceiver QRP dan terkenal karena berdasarkan jumlah daya yang sangat

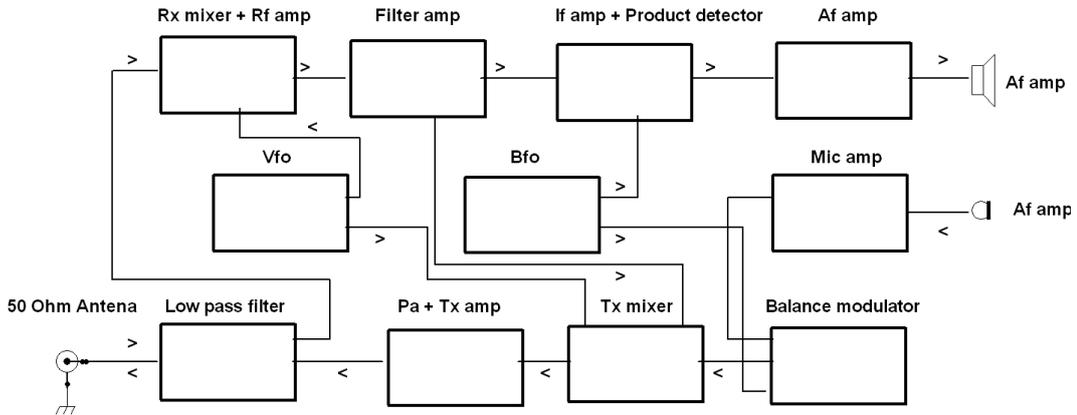
rendah, sering kurang dari lima watt. SSB adalah modus dominan transmisi yang digunakan oleh operator ham di seluruh dunia. Rentang yang jauh memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan orang-orang di daerah lain. Kemudahan operasi dan konstruksi adalah salah satu alasan paling penting bagi popularitas transceiver SSB.

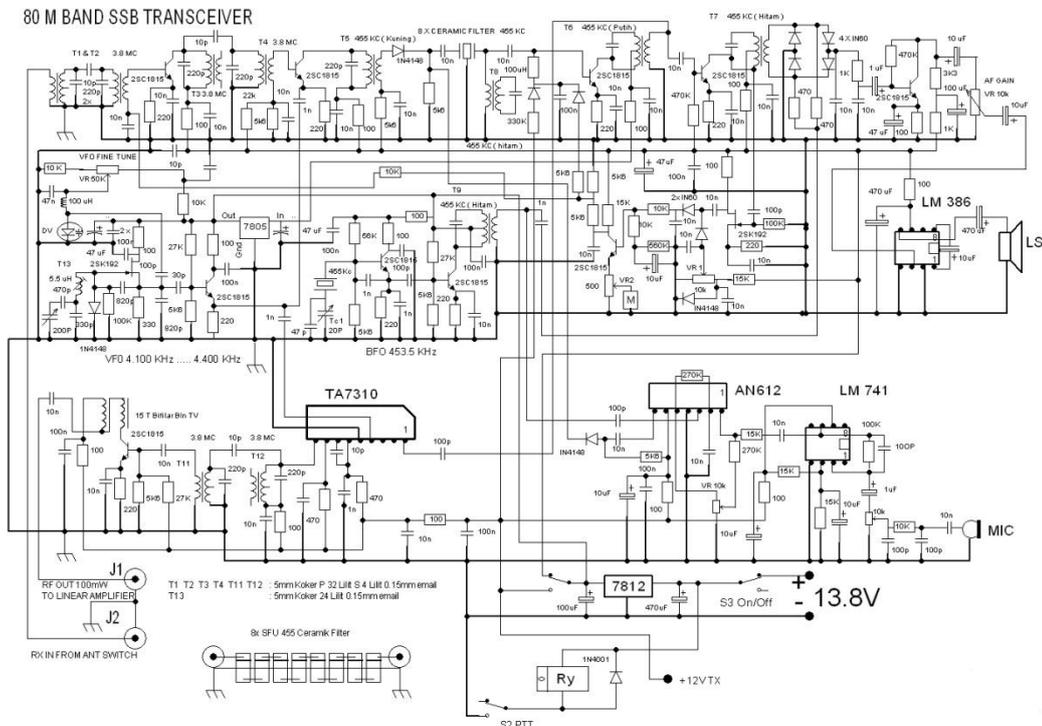
Kemampuan berkomunikasi dengan daya rendah merupakan salah satu hal utama yang menarik untuk para penggemar. Sebuah transceiver SSB bekerja dengan mentransfer daya ke sideband tunggal pada pemancar dan membaginya antara dua sidebands dan carrier. Hal ini digunakan untuk berkomunikasi pada band frekuensi airwave lebih rendah. Beberapa stasiun pada modulasi SSB juga dapat menempati frekuensi yang sama tanpa menyebabkan gangguan.

Jenis transceiver ini disukai untuk kemudahan penggunaan dan konstruksi. Yang dibutuhkan untuk operasi adalah unit transceiver, antena, sebuah tuning antena unit (ATU) dan ground plane. Semua komponen harus terpasang dengan benar agar sistem dapat bekerja secara efektif. Banyak penggemar memilih untuk membangun transceiver SSB sendiri, suatu kegiatan sering disebut sebagai "homebrew."

Membangun transceiver SSB yang dapat dicapai dengan membeli kit atau membeli semua bahan untuk membangunnya dari awal. Banyak orang menggabungkan bagian-bagian dari kit dengan komponen lainnya dibeli secara terpisah.

Modulasi SSB mirip dengan modulasi amplitudo (AM) yang digunakan di radio AM dan-talkie talkie, tetapi jauh lebih efisien. Sebuah transceiver SSB menghasilkan sinyal rendah, tetapi karena cara memusatkan kekuatan transmisi, rentang potensial jauh lebih tinggi. Hal ini juga mirip dengan gelombang kontinu (CW) transceiver tetapi memiliki bandwidth yang lebih besar. Pada sebuah transceiver SSB, yang sering terjadi adalah pilihan untuk beralih antara pengaturan SSB dan AM.

Sebuah transceiver SSB biasanya lebih kecil dari transceiver yang sama. Ini sering cukup portabel untuk digunakan untuk backpacking dan jenis perjalanan. Di antara peralatan radio amatir, sebuah transceiver SSB adalah salah satu yang paling sederhana untuk beroperasi.

Gambar 9.10. Blok diagram pancarima SSB

Pada dasarnya transceiver tebagi menjadi tiga bagian utama yaitu bagian VFO dan BFO bagian *transmitter* (pemancar) dan bagian *receiver* (penerima), dimana terdapat beberapa blok khusus yang digunakan untuk kedua jalur tersebut baik transmiter atau receiver. Sederhana sekali dalam merakit transceiver ini alat yang kita pergunakan hanya multi tester, RF probe, SWR dan power meter, 1KHz AF Tone Generator dan Radio HF SSB multi band berfungsi sebagai monitor frekwensi BFO, VFO, memonitor balance modulator sekaligus exciter baik pada transmitter atau receivernya.

Gambar 9.11. Skematik diagram rangkaian SSB

Urutan perakitan berturut turut mulai dari merakit BFO, VFO, AF Amp, If Amplifier dan produk detektor ke rangkaian filter amplifier, Mic Amplifier, Balance modulator, RX mixer + Rf amplifier, terakhir TX mixer urutan tersebut untuk mempermudah pengecekan masing masing unit karena rangkaian ini adalah penggabungan dari beberapa unit rangkaian tersendiri.

BFO

Memprgunakan keramik filter tipe SFU 455 dua kaki yang dipergunakan kaki tengah untuk ground dikopel dengan capasitor dan capasitor trimer dan salah satu kaki pinggirnya ke basis transistor, BFO mempergunakan dua transistor tipe 2SC1815. Tc 1 untuk mengatur frekuensi BFO pada 453.5Kc sedang trafo IF 455Kc warna hitam untuk mengatur level daripada BFO. Untuk mengecek rangakaian ini mempergunakan RF Probe.

Pada output BFO sekunder T9 cek dengan RF Probe atur T9 smpai level out put maksimum monitor di radio HF atau frekwensi Counter atur Capasitor trimer dan capasitor pararelnya sampai terpenuhi frekwensi yang dibutuhkan yaitu 453.5Kc. Untuk cek apakah terjadi osilasi pada BFO ini lepas Ceramik filter apakah RF Probe masih bergerak jika ia cek lagi rangakain nya disini apabila ceramik filter kita lepas RF Probe tidak bergerak.

VFO

Untuk VFO kita mempergunakan Fet Tipe 2SK192 dan diperkuat dengan satu buah transistor tipe 2SC1815. Rakit rangkaian ini serapi munkin dengan pemilihan komponen terutama capasitor disini kita mempergunakan capasitor kertas pada rangkain Colpits oscilator. Tutup rangkaian ini dengan kotak dari logam beserta Varconya sekalian. Pengetesan VFO sama dengan rangkaian BFO Trime Ferit Koker T13 monitor Frekwensinya dapakan frekwensi antara 4.100 Kc s/d 4.300 Kc apabila tidak didapatkan range frekwensi tersebut atur atur jumlah lilitan dan nilai capasitor bypas ke groundnya.

AF Amplifier

AF Amplifier dipergunakan IC tipe LM386 rakit bagian ini dan cek dengan Spiker pada out putnya. Colok kaki inputnya dengan obeng harus tidak ada cacat pada saat vulume potensio diperbesar.

IF Amp dan Produk Detektor

Rakit dulu produc detectornya dari mulai keempat diode 1N60 sampai T7 trafo IF 455 warna hitam sampai dengan capasitor bypass trafo ke ground. Colok salah satu kai pinggir trafo dengan obeng keraskan volume audio harus ada reaksi pada speaker. Pasang transistor untuk penguatnya tes pada basisnya pada speaker harus lebih keras suaranya. Rakit bagian ini semuanya.

Filter Amplifier

Pasang semua komponen dengan benar sampai kedelapan ceramic filternya terpasang semua. Coba dengar pada speaker colok pada input if atau pasang beberapa meter kabel kecil yang berfungsi sebagai antenna trim T6 dan T8 dengarkan suara di speaker sampai tidak ada cacat dispeaker harus berdesis keras.

RX Mixer dan RF Amplifier

Rakit rangkain ini dengan baik dan benar dalam membuat lilitan harus dalam keadaan rapi. Masukkan Snyal VFO ke input mixer coba monitor teman teman yang sedang QSO putar ferit pada koker berturut turu dari T3 lalu T4 sampai didapat sinyal penerimaan yang kuat lalu atur ferit T1 lalu T2 sampai diterima Penerimaan sinyal yang kuat dengan memperhatikan level pada S Meter. Apabila hal tersebut tidak didapatkan coba cek bagian ini lebih lanjut. Dengan demikian selesei sudah Bagian Receiver unit kita.

Mic Amplifier

Rakit bagian ini semua lalu pasang IC LM 741 coba dengar out putnya dengan headphone putar potensio level out putnya coba bicara di mikropon harus sempurna tanpa ada cacat pada out putnya.

Balance Modulator

Balance modulator mempergunakan ic tipe AN612 yang biasa dipakai pada radio CB. Rakit semua komponen dengan benar. Untuk cek rangkaian ini pasang probe ke outputnya pada ic AN612 bila ada sinyal pada probe set trimpot pada IC tersebut sampai simpangan nol lalu coba colok dengan pinset pda input mic amplifiernya jarum probe harus ada simpangan. Lalu pasang micropon coba berbicara meter pada probe harus bergerak gerak sesuai level input bicara anda.

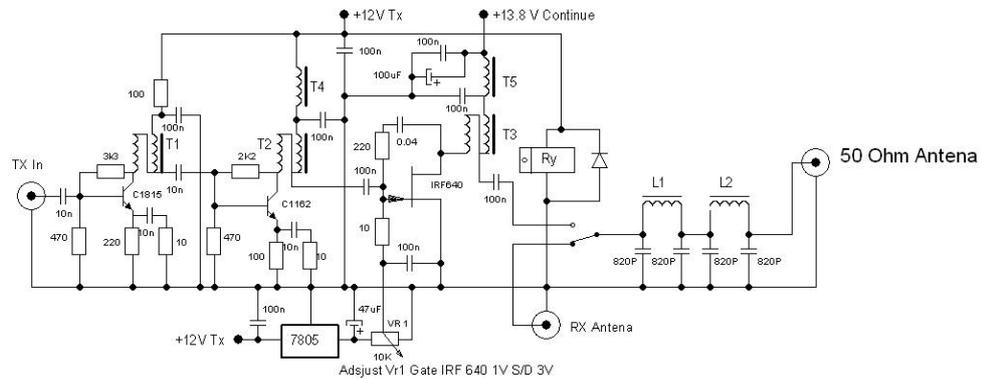
Pasang beberapa panjang kabel kecil sebagai antenna coba monitor diradio HF anda disini sinyalnya masih DSB Uper dan Lower Side Bandnya bunyi. Dengarka sampai tidak ada cacat disini rangkain sudah selesei. Lalu teruskan outputnya ke Rangkian Filter Amplifier coba berbicara denagan memasang beberapa meter kabbel ke sekunder T6 IF 455 warna Putih coba monitor diradio pada frekwensi 455 Kc dan coba berbicara trim ferit T6 dan Ferit T8 sampai terdengar suara pada USB diradio tanpa ada selef osilasi dan ada simpangan pada meter di probe. Apabila pada monitor radio anda sudah didapatka suara yang sempurna berarti sudah selesei sekaligus untuk bagian If rceifernya.

TX Mixer

Rakit bagian ini semua dengan baik buat pula lilitan pada T11 dan T12 serapi mungkin. Mixer yang kita pergunakan denga IC tipe TA7310 pasang juga amplifiernya transistor 2SC1815. Lalu pasang out put VFO dan Out put Balnce Modulatornya pada input ic TA7310 laulu pasang Probe beri input mic dengan af tone generator trim ferit T11 dan T12 lihat simpangan meter probe sampai diperoleh simpangan meter yang terbesar.

Pasang micropon coba berbicara dimicropon lihat simpangan meter apabila kita tidak berbicara micropon tapi ada simpangan pada jarum meter probe atur trim T11 dan T12 sampai tidak ada simpangan di meter coba bicara lagi di micropon simpangan meter harus bergerak sesuai dengan level pembicaraan di mikropon. Coba pasang beberapa meter kabel kecil pada out put tx amplifiernya monitor diradio sesuai dengan frekwensi kerja exciter kita dengan mode LSB apabila side band tidak kita dapatkan pada mode LSB dengan sempurana atur lagi trimer capasitor pada BFO dan putar sedikit ferit pada trafo if

T8 warna hitam smpai didapatkan side band yang kita inginkan. Sampai disini seleseilah rangkaian exciter.

PA TX Amplifier

T1 T2 : Balun TV Bifilar 12 Lilit 0.5mm Email

T3 : Balun TV Bifilar 8 Lilit 0.7mm Email

T4 T5 : Balun TV 15 Lilit 0.5mm Email

L1 : Koker 8mm 18 Lilit 0.5mm Email

L2 : Koker 8mm 12 Lilit 0.5mm Email

Gambar 9.12. Skematik diagram PA TX Amplifier

Rangkaian PA mempergunakan tipe Power Fet karena murah dan mudah didapatkan di pasaran. Buatlah trafo dengan baik dan benar jangan sampai email pada kawatnya sampai terjadi lecet, pasang satu tingkat dulu transistor 2SC1815 pasang probe pada out put coba bicara di mikropon simpangan pada probe harus lebih beh besar dari tingkat exciter disini harus tidak sampai terjadi self osilasi osilasi apabila tidak bicara tidak ada simpangan pada jarum meter probe. Bila terjadi self osilasi coba cek bagian tersebut. Begitu pula pada perakitan drivernya. Driver kita pakai transistor tipe 2 SC1162.

Power level meter yang didapat harus lebih besar dari tingkat sebelumnya juga. Lalu final unit juga buat lilitan serapi mungkin. Pengetesan lepas dulu input Pa dari exciter arur trimpot ukur tegangan jangan sampai melebihi 3V colok out put dengan probe hyarus tidak ada simpangan pada meternya. Apabila terjadi simpangan berarti terjadi sel oscilasi pada pagian tersebut. Lalu pasang input dari exciter pasang ac voltmeter dari avo meter coba bicara di micropon meter pada ac di avo meter harus menunjukkan beberapa volt ac sesuai dengan level bicara di mikropon.

Low Pass Filter

Buat lilitan low pass filter dengan baik dan rapi L1 dan L2. pasang semua komponen cek penyambunngan relay sampai benar pasang dumy load 50 Ohm pada konektor out put antena jangan lupa SWR dan Power meternya dipasang. Berbicara di mikropon atur atur ferit Koker L1 dan L2 sampai didapat poiwer maksimum lalu cek SWR nya harus menunjuk 1 : 1 dengan dumy Load 50 ohm jika tidak cek lagi Low Pass Filternya. Setelah iti coba pasang antena 80M Band ada di konektor radio qrp anda monitor teman yang QSO coba memasukinya dan minta report.

Rangkaian tersebut juga bisa dikembangkan menjadi Dual Band QrpTransceiver 80 M / 40 M Band yang mana berfungsi sebagai Generator Transceiver Dual Band.dengan merubah beberapa bagian unit.

C. RANGKUMAN

Pesawat penerima radio mempunyai fungsi sebagai berikut: pertama memisahkan sinyal radio yang dikehendaki dari semua sinyal radio lain yang diterima oleh antena, dan menolaknya sinyal yang tidak dikehendaki tersebut, sinyal yang dipisahkan tersebut lalu dikuatkan sampai pada tingkatan tertentu yang dapat digunakan, dan akhirnya memisahkan sinyal suara dipisahkan dari pembawa (*carier*) radio untuk didapatkan kembali sinyal informasi dan selanjutnya sinyal audio tersebut dikuatkan dan diumpankan ke speaker.

Penerima langsung merupakan generasi awal dari penerima radio pada penerima ini tidak terjadi konversi frekwensi dan sangat sederhana sehingga masih banyak kelemahannya. Mengingat banyaknya kelemahan dari sistim pertama dengan penerima langsung, dikembangkan sistem yang kedua dengan sistim penerima tidak langsung atau yang lebih populer dengan nama penerima superheterodyne

Penerima superheterodin dikembangkan untuk memperbaiki selektifitas dari sinyal radio dengan frekwensi yang berdekatan dengan cara menggiring semua frekwensi yang diterima ke satu frekwensi tertentu yang seragam yaitu frekwensi IF.

Prinsip Superheterodin adalah jika ada dua buah sinyal sinusoidal dengan frekwensi yang berbeda dicampurkan sehingga kedua sinyal tersebut saling mengalikan atau menambahkan dan dilewatkan pada sebuah fungsi transfer tidak linier maka keluarannya akan mengandung komponen frekwensi jumlah dan selisih dari kedua frekwensi tersebut.

Pada penerima radio superheterodyne, frekuensi sinyal yang diterima diubah kedalam frekuensi yang lebih rendah yang disebut frekuensi antara (IF = Intermediate Frequency). Frekuensi ini sama untuk semua sinyal yang diterima baik dari band MW , LW maupun SW yaitu 455 kHz - 470 kHz.

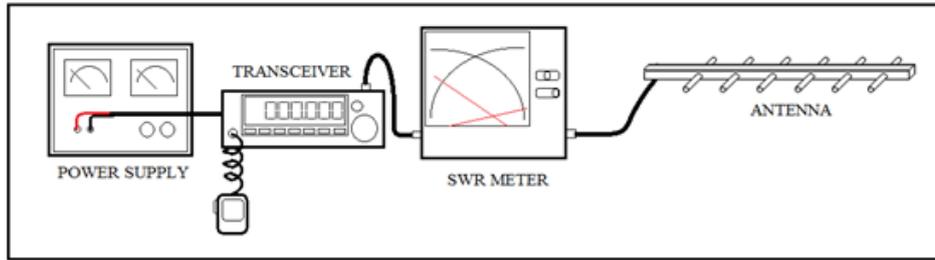
Penerima FM hampir sama dengan penerima AM , perbedaan berada pada frekuensi yang diterima yaitu antara 88 Mhz - 108 Mhz dan frekuensi antara sebesar 10,7 Mhz serta cara demodulasinya serta bagian low pass filter pada penerima mono dan pada mode stereo dilengkapi dengan stereo decoder dan 2 power amplifier untuk sistem penerima FM stereo.

Piranti elektronik yang digunakan untuk hubungan radio dikenal sebagai pesawat pancarima (radio transceiver). Sistem modulasi yang paling banyak diterapkan dalam radio komunikasi adalah sistem modulasi AM dan FM.

Sebuah sideband tunggal (SSB) transceiver adalah perangkat transmisi berdaya rendah yang digunakan di radio amatir. Ini adalah salah satu jenis transceiver QRP dan terkenal karena berdasarkan jumlah daya yang sangat rendah, sering kurang dari lima watt.

Pada dasarnya transceiver tebagi menjadi tiga bagian utama yaitu bagian VFO dan BFO bagian *transmitter* (pemancar) dan bagian *receiver* (penerima), dimana terdapat beberapa blok khusus yang digunakan untuk kedua jalur tersebut baik transmiter atau receiver.

D. TUGAS

1. Buat kelompok praktik yang terdiri dari 3 orang siswa !
2. Siapkan peralatan berikut : VHF transceiver, SWR Meter, Kabel koaksial RG8, Power supply dan Antena VHF.
3. Hubungkan alat dan bahan seperti pada gambar berikut :

4. Atur tegangan power supply sebesar 12-13,8 V, kemudian nyalakan transceiver.
5. Gunakan daya yang rendah (Low atau Middle) untuk pemancar.
6. Atur frekuensi kerja pemancar mulai dari 140 – 160 MHz (step: 1MHz).
7. Ukur daya forward dan daya reflected yang ditunjukkan jarum SWR meter. Catat dalam tabel berikut. Dari tabel tersebut buatlah kesimpulan.

Tabel 9.1.

No	Frekuensi (MHz)	Forward (Watt)	Reflected (Watt)
1	140		
2	141		
3	142		
4	143		
5	144		
6	145		
7	146		
8	147		
9	148		
10	149		
11	150		
12	151		
13	152		
14	153		
15	154		
16	155		
17	156		
18	157		
19	158		

20	159		
21	160		

E. TES FORMATIF

1. Sebutkan blok diagram penerima radio langsung dan jelaskan fungsinya dengan singkat !
2. Sebutkan blok diagram penerima radio Super Heterodyne dan jelaskan fungsinya dengan singkat !
3. Jelaskan apa yang anda ketahui tentang Radio Pancarima !

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

2 ....
....
....
....

3 ....
....
....
....

5.1 KEGIATAN BELAJAR 10

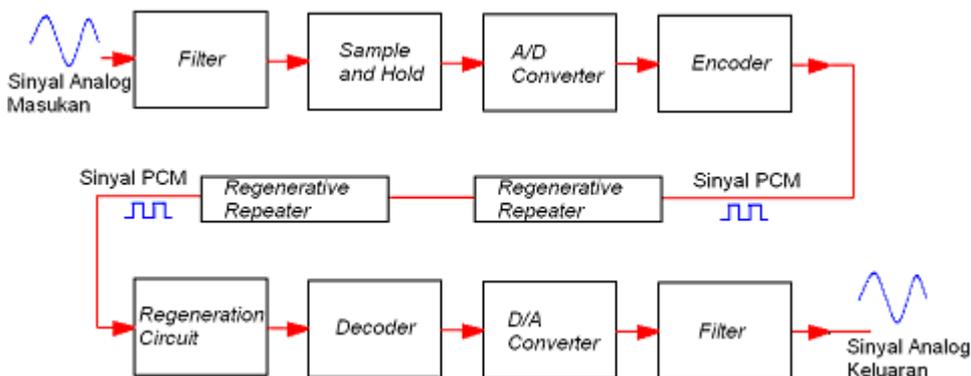
A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

Memahami Teknologi pemrosesan sinyal digital dan penggunaan perangkat lunak untuk perencanaan sistem radio

B. MATERI

1. Pulsa Modulasi

Sistem telekomunikasi dewasa ini dituntut terbebas dari gangguan sistem transmisi, seperti gangguan petir, gangguan saluran terlalu panjang, gangguan loncatan api dari pengapian motor dansebagainya. Di samping itu juga dituntut kualitas reproduksi informasi yang bersih dan noise rendah. Untuk itu diperlukan sistem komunikasi digital yang prinsipnya merubah besaran analog ke dalam besaran digital, yang kemudian dipancarkan berupa pulsa-pulsa digital. Karena sistem digital hanya mempunyai kondiai logik "1" dan "0", maka level tegangan atau amplitudo tidak ada artinya. Sistem komunikasi digital ini akan mengolah kembali pulsa digital yang dipancarkan dan merubahnya ke dalam sinyal analog kembali.

Gambar.10.1. Blok diagram pemancar dan penerima pulsa modulasi

Sistem komunikasi data (Gambar 10.1) memerlukan sebuah sistem komunikasi yang mampu mentransmisikan data-data yang akurat, level tegangan yang presisi antara tegangan di pemancar dan di penerima. Level tegangan referensi yang akurat baik di pemancar dan penerima ini diperlukan pada sistem pengendalian jarak jauh tanpa kabel, seperti pengendalian motor jarak jauh, fasilitas power elektronik yang dikendalikan dari jarak jauh, sistem telepon digital

dan sebagainya. Tuntutan - tuntutan tersebut di atas bisa dipenuhi oleh sistem *Pulse Code Modulation* (PCM). PCM mulai dikembangkan pada tahun 1937 di Paris pada perusahaan AT&T. PCM adalah metode pemancaran secara serial seperti halnya pemancaran sinyal analog, hanya yang dipancarkan dalam sistem PCM adalah deretan pulsa-pulsa biner "1" dan "0". Secara singkat akan diuraikaan bagian demi bagian dalam beberapa materi yang merupakan satu kesatuan dalam system.

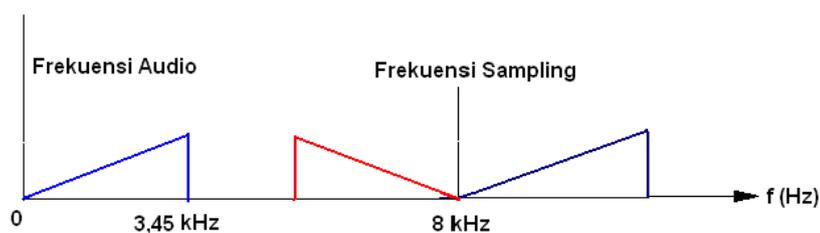
Low pass Filter 3,45 kHz

Sistem *sampling* adalah sistem pengambilan data *sample* sesaat yang merupakan level tegangan analog dalam waktu yang sangat sempit. Sistem sampling ini digunakan dalam teknik komunikasi digital untuk mendapatkan pulsa-pulsa tegangan yang sempit *(sample)* yang nantinya level tersebut akan dirubah menjadi informasi biner dalam *analog to digital converter (A/D Converter).* Frekuensi tegangan *sampling* ini harus lebih besar daripada frekuensi sinyal audio yang dicacah.

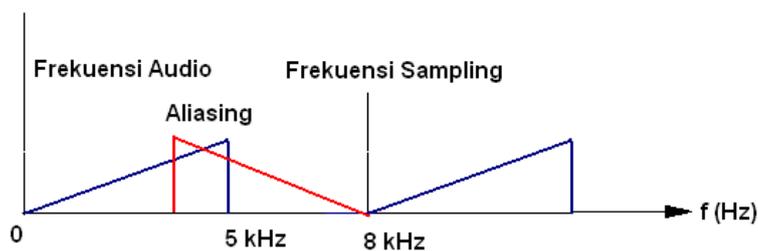
Dalam sistem komunikasi digital, lebar band frekuensi *sampling* harus dibatasi agar tidak terjadi efek *aliasing*. Efek aliasing adalah efek yang terjadi apabila frekuensi sampling kurang dari dua kali frekuensi audio yang dicacah, sehingga pada saat reproduksi terjadi kesalahan informasi yang artinya sinyal keluaran tidak sama bentuknya dengan sinyal masukan. Untuk membatasi lebar frekuensi audio agar tidak menggangu proses sampling, maka lebar frekuensi audio harus sebesar sama atau lebih kecil dari setengah frekuensi *sampling.*

$$fs \leq 2.fa$$

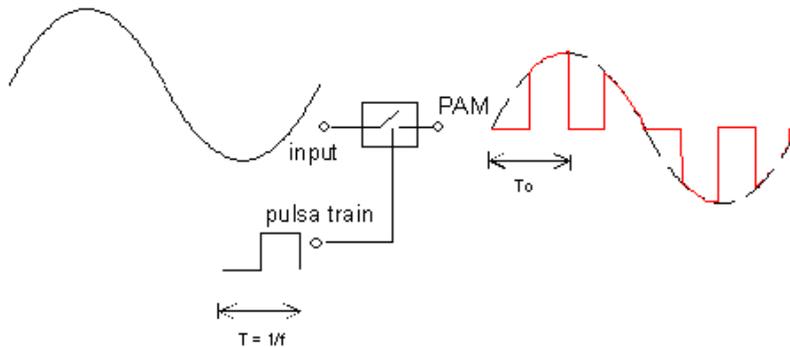
dimana fs = frekuensi *sampling*

fa = frekuensi audio

Gambar.10.2 Spektrum frekuensi *sampling*

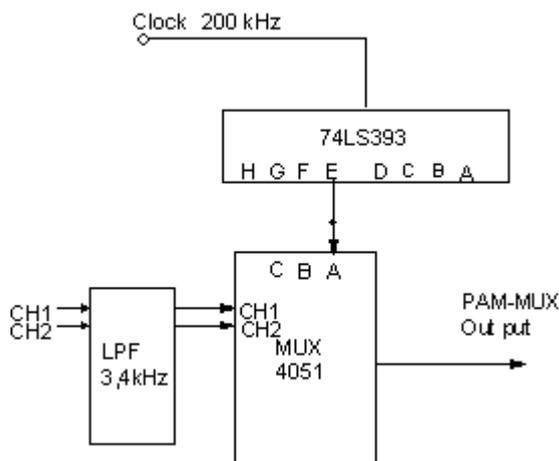
Pada Gambar 10.2 frekuensi sampling adalah sebesar 8 kHz. Maka frekuensi sinyal masukan audio yang diperbolehkan lewat adalah sinyal audio memiliki frekuensi lebih kecil dai 4 kHz, misalkan 3,45 kHz. Maka setelah dimodulasikan secara pulsa amplitudo, lebar *band* atas akan bergerak dari 8 kHz sampai dengan 11,45 kHz. Sedangkan lebar *band* bawah akan bergerak dari 8 kHz sampai dengan 4,55 kHz.

Apabila frekuensi audio maksimum lebih besar dari frekuensi *sampling,* maka akan terjadi efek aliasing. Seperti contoh Gambar 4.3 di mana frekuensi sinyal audio masukan besarnya adalah 5 kHz, maka interferensi frekuensi antara sinyal audio masukan yang memiliki lebar *band* 5 kHz dengan lebar band bawah yang memiliki lebar band frekueni antara 3 kHz sampai dengan 8 kHz. Sehingga daerah interferensi adalah antara daerah frekuendi 3 kHz sampai dengan 5 kHz. Untuk itu perlu adanya sebuah *low pass filter* untuk frekuensi *cut off* sebesar 3,45 kHz.

Gambar.10.3. Efek aliasing

2. Pulse Amplitude Modulation

Tahap awal dari proses perubah sinyal analog ke digital adalah system pengambilan sinyal *sample* yang sempit yang disebut dengan *pulse amplitude modulation (PAM)*, yang merupakan saklar elektronik yang dikontrol oleh pulsa *train* (pulsa *sampling)* selebar satu per frekuensi *sampling* (1/fs). Sinyal yang dihasilkan adalah sinyal *chopp* dengan lebar pulsa =To. Proses ini dinamakan *time discretization.*

Gambar.10.4. Time discretization

Pulse Amplitude Modulation merubah sinyal analog kontinyu menjadi sinyal diskret yang berupa pulsa-pulsa yang memiliki amplituto yang bervariasi. Dalam prakteknya di lapangan, sering diperlukan penggabungan dua atau lebih sinyal audio masukan untuk dicacah sekaligus untuk efektifitas penggunaan system pulsa modulasi. Karena gabungan lebih dari dua sinyal analog masukan tersebut hanya akan dirubah dalam sebuah deretan pulsa-pulsa amlpitudo modulasi.

Untuk itu diperlukan sebuah system yang disebut *multiplexing* yang berfungsi untuk menggabungkan atau menguraikan dua buah sinyal masukan atau lebih. Pada *multiplexer*, sinyal digabung menjadi satu sinyal amplitude modulasii dalam satu saluran. Pulsa - pulsa tersebut merupakan deretan pulsa dengan periode waktu yang sama (fungsi waktu).

Gambar.10.5. *Multiplexing*

IC *multiplexing* 4051 bisa dipakai sebagai rangkaian *multiplexer* (Gambar 4.5) yang mempunyai fasilitas delapan kanal masukan, dan sebuah kanal

keluaran. Dan sebaliknya bisa difungsikan sebagai rangkaian *demultiplexer* dengan fasilitas senuah kanal masukan dan delapan kanal keluaran. IC *multiplexing* 4051 dilengkapi dengan *switch controll* A,B dan C. Bila *switch controll* A saja yang aktif, maka rangkaian *multiplexing* berfungsi sebagai rangkaian *multiplexing* dua kanal (2^1= 2). Bila yang diaktifkan *switch controll* A daan B, maka rangkaian *multiplexing* bekerja untuk empat kanal . (2^2= 4)..Dan bila *switch controll* diaktifkan semua, maka rangkaian *multiplexing* bekerja untuk delapan kanal.

Rangkaian pencacah IC 74393 sebagai dual pencacah enambelas. Sedangkan rangkaian *multiplexing* dengan masukan sinyal analog memerlukaan frekuensi *switch control* tergantung dari besarnya bit. Bila rangkaian *multiplexing* berfungsi sebagai rangkaian *multiplexing* dua kanal,dan sistem analog to digital converter menerapkan 8 bit, maka periode *switch control* adalah 4 x 8 = 32 kali perioda *clock*, atau *frekuensi switch controll* sebesar :

f_s = (1/32) f_{clk}

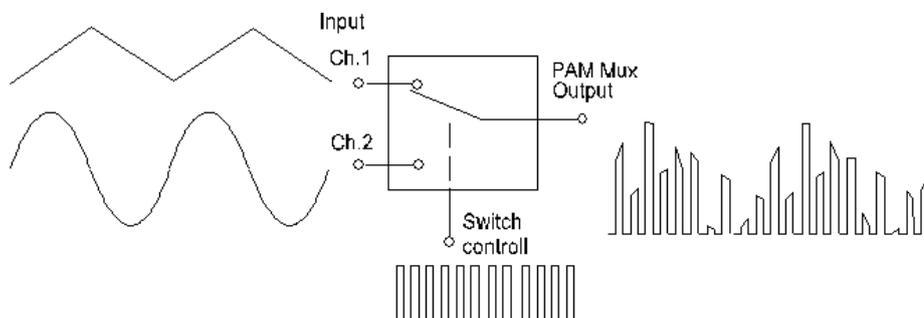
Di mana f_s = frekuensi *sampling* dan f_{clk} = frekuensi *clock*

Jenis *Pulse Amplitude Modulation (PAM)*

Dilihat dari level tegangan pada sistem *pulse amplitude modulation* maka ada dua jenis *pulse amplitude modulation PAM*, yaitu :

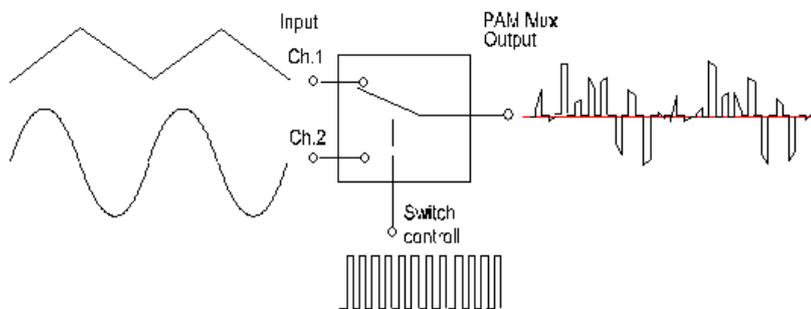
1) *Single polarity PAM*
2) *Double polariry PAM*

Single polarity PAM

Pada system *single polarity PAM* ini baik level tegangan sinyal masukan maupun keluaran harus berada pada satu sisi polaritas tegangan positip.

Gambar.10.6. *Single polarity PAM*

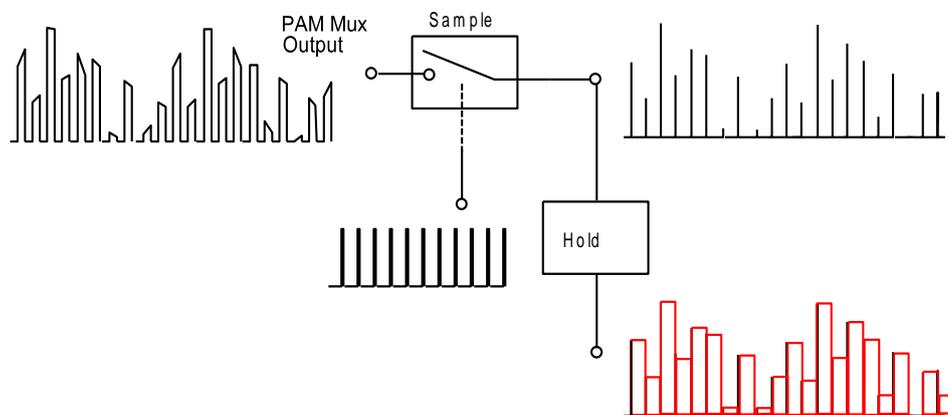
Single polarity pulse amplitudo modulation melakukan *sampling* pada masukan Ch 1 dan Ch 2 secara bergantian. Hasil *sampling* memiliki polaritas tunggal (Gambar 4.6).

Double polarity PAM

Pada system double polarity PAM, baik sinyal –sinyal masukan maupun sinyal keluaran memiliki polaritas tegangan ganda yaitu level tegangan positip dan negatip. Dapat diperhatikan Gambar 4.7 berikut ini.

Gambar.10.7. *Double polarity PAM*

Pada sistem *double polarity pulse amplitudo modulation* hasil *sampling* (sinyal PAM) memiliki dua polaritas positip dan negatip.

Sample and Hold.

Agar setiap level tegangan bisa diterjemahkan ke dalam besaran biner, maka perlu dilakukan pengambilan level tegangan tertentu yang sangat sempit dan tidak variatif (*sample).* Ini bertujuan untuk mengambil wakil dari level tegangan yang tegas yang akan dirubah dalam pulsa digital.

Gambar 4.8 *Sample & hold*

Level tegangan sesaat *(sample)* perlu dipertahankan kondisinya sampai pada level tegangan sinyal berikutnya *(hold)* agar bisa terbaca oleh perubah analog ke digital *(A/D Converter)*

Kuantisasi

Sinyal *pulse code modulation (PCM)* adalah merupakan sederetan pulsa digital yang merupakan hasil perubahan sinyal analog yang telah dicacah dalam bentuk sinyal *pulse amplitude modulation PAM* kemudian dirubah ke dalam biner oleh perubah analog ke digital serta tersusun secara deret setelah diolah melalui *shift register*. Setiap pulsa amplitudo di-kuantisasikan ke dalam *range* kuantisasi, yang besarnya tergantung dari jumlah bit dari A/D *Converter.*

Contoh :

Sebuah rangkaian *Analog to Digital Converter* dipakai untuk merubah sinyal analog ke dalam besaran digital 4 bit. Tegangan referensi sinyal analog sebesar 5 Volt.

Maka banyaknya interval adalah: $n = 2^x$

Di mana x = jumlah bit,

Maka banyaknya interval $n = 2^4 = 16$

Dan besarnya tegangan setiap interval adalah :

$$u = \frac{u.ref}{2^n - 1}$$

Maka besat tegangan setiap interval pada contoh:

$$u = \frac{u.ref}{2^n - 1} = \frac{5v}{2^4 - 1} = 0{,}3333v$$

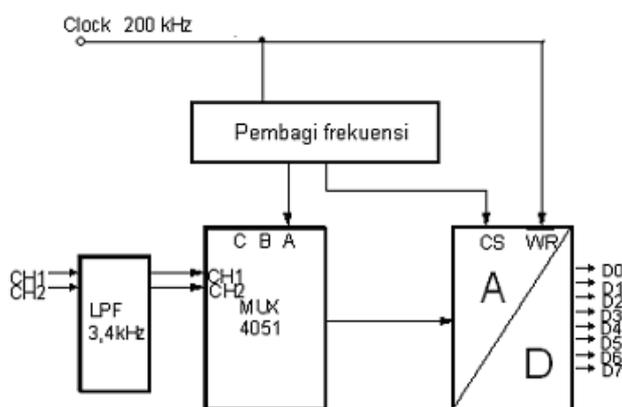
Tabel 10.1. Daftar konversi analog ke biner

Level tegang-an analog	Biner MSB LSB				Desimal	PCM *code*			
	2^3	2^2	2^1	2^0		2^3	2^2	2^1	2^0
0,0000 V	0	0	0	0	0				

0,3333 V	0	0	0	1	1	
0,6666 V	0	0	1	0	2	
0,9999 V	0	0	1	1	3	
1,3333 V	0	1	0	0	4	
1,6666 V	0	1	0	1	5	
1,9999 V	0	1	1	0	6	
2,3333 V	0	1	1	1	7	
2,6666 V	1	0	0	0	8	
2,9999 V	1	0	0	1	9	
3,3333 V	1	0	1	0	10	
3,6666 V	1	0	1	1	11	
3,9999 V	1	1	0	0	12	
4,3333 V	1	1	0	1	13	
4.6666 V	1	1	1	0	14	
5,0000 V	1	1	1	1	15	

Gambar 10.9. Kuantisasi

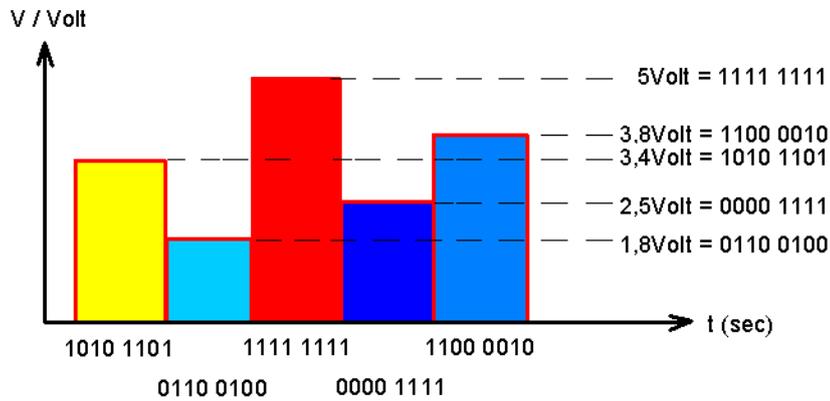
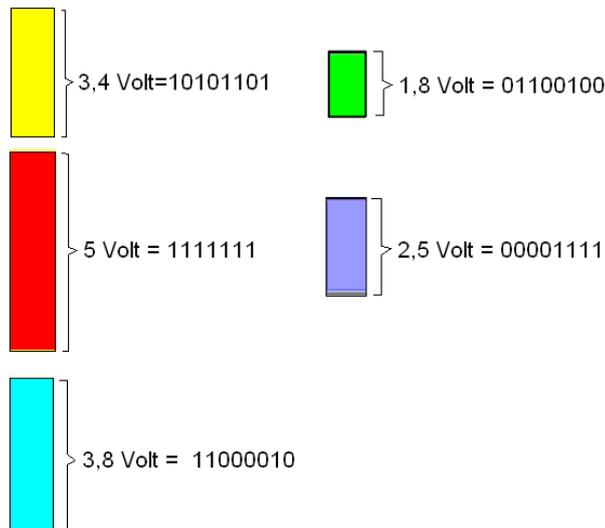
Analog to Digital Converter

Gambar 10.10 di bawah adalah sebuah rangkaian *analog to digital converter* yang menerima sinyal masukan berupa pulsa amplitudo dari PAM. Dalam contoh ini sumber sinyal audio ada dua yaitu sinyal-sinyal yang diumpankan ke CH1 dan CH2.

Gambar.10.10 *Analog to Digital Converter* 2 kanal

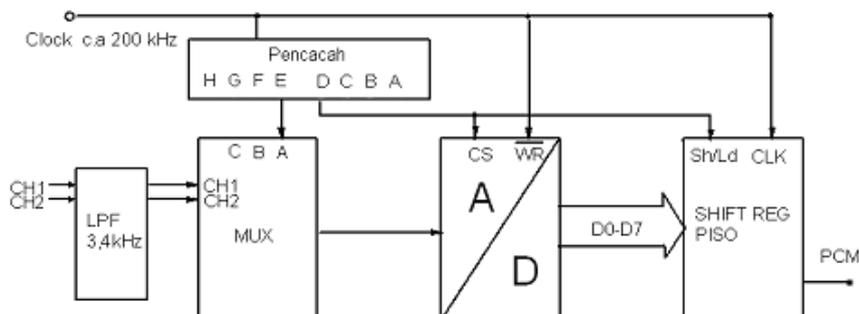
Setiap pulsa dari *pulse amplitudo modulation* dalam bentuk diskret diterjemahkan oleh *Analog to Digital Converter* menjadi pulsa biner. Data keluaran dari ADC sebanyak 8 bit, yang berarti mempunyai interval :

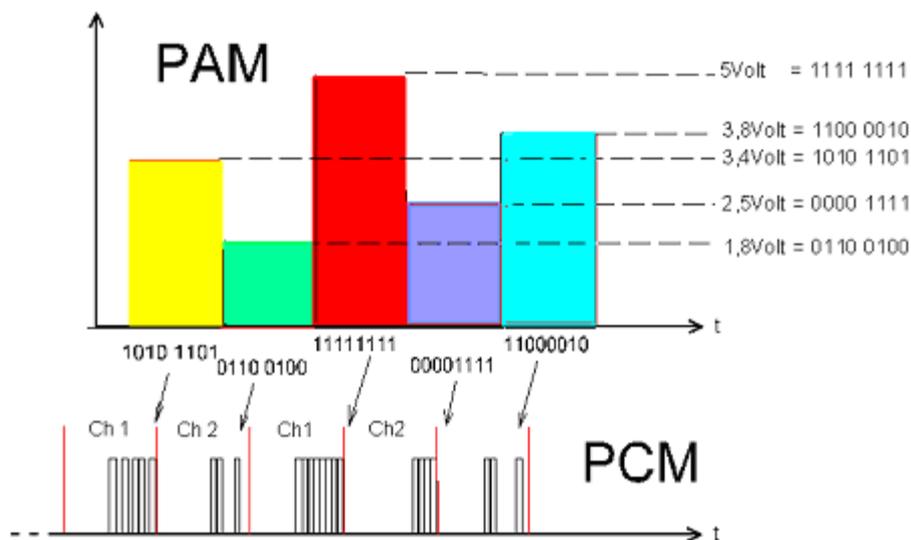
$$u = \frac{u.ref}{2^n - 1} \qquad (4.5)$$

Maka interval tegangan per tahap adalah:

$$u = \frac{u.ref}{2^n - 1} = \frac{5v}{2^8 - 1} = 0{,}0196v$$

Gambar 10.11. Ekuivalen analog dengan digital

Gambar 10.12 Ekivalen analog dengan digital masing-masing pulsa

Setiap pulsa diterjemahkan ke dalam bilangan biner. Setiap penterjemahan diperlukan waktu 16 kali periode *clock*. Delapan kali periode untuk menampilkan pulsa biner dan sisanya 8 kali periode untuk spasi. Pada contoh rangkaian gambar di atas, rangkaian *multiplexing* mempunyai dua buah kanal masukan. Dengan demikian pulsa-pulsa kanal 1 dan kanal 2 akan ditampilkan secara bergantian . Sehingga dalam satu putaran (kanal 1 + kanal 2) dibutuhkan perioda dua kali 16 periode, sebesar 32 kali periode . Satu periode yang diperlukan adalah sebesar 2 kali periode *clock.* Dengan demikian satu putaran penterjemahan kanal 1 dan kanal 2 diperlukan waktu 64 kali periode clock.

3. ***Pulse Code Modulation (PCM)***

Gambar 10.13. Rangkaian PCM

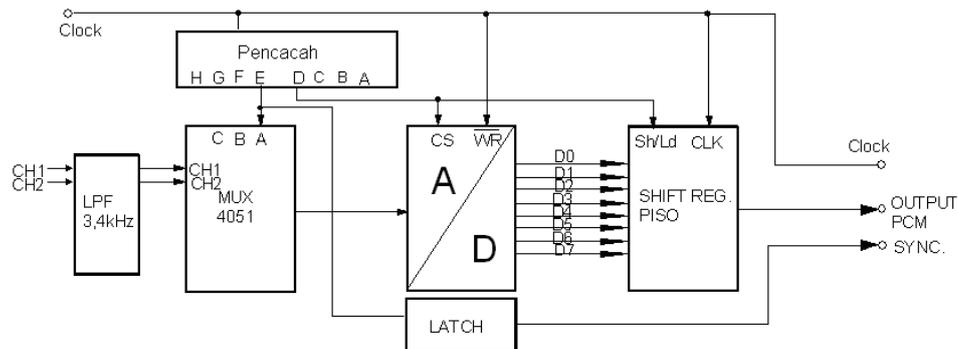
Pulse Code Modulation pada prinsipnya adalah perubahan data biner paralel ke dalam data biner seri yang selalu bergeser secara deret. Data yang keluar dari A/D converter adalah data-data parallel. Dengan demikian perlu adanya rangkaian yang merubah data paralel menjadi data serial berupa *shift register* yang merubah susunan data paralel masukan ke dalam serial keluaran *(parallel input serial output PISO)*.

Gambar 10.14. Konversi analog ke pulsa PCM

Satu interval pulsa PCM selebar 32 kali periode *colck.* Dalam satu putaran kanal 1 dan kanal 2, diperlukaan periode 64 kali peroide *clock*. *Shift register* mengambil data biner sebanyak 8 data, yaitu data LSB D0,D1,D2,D3 dan data MSB D4, D5, D6,D7. Setelah itu diperlukan 8 kali perioda (1 periode = 2 kali perode clock) untuk menggeser *(shift).* Total waktu yang diperlukan untuk setiap

penterjemahan satu pulsa PAM adalah selama 16 kali periode (32 periode *clock*).Sedangkan total waktu yang diperlukan untuk menterjemahkan masukan kanal 1 dan kanal 2 selama 32 periode (64 kali periode *clock)*. Dengan demikian maka pengertian PCM adalah merupakan rekonversi dari sinyal PAM. Masing-masing sinyal PAM dalam range 0 volt sampai dengan 5 volt di-kuantisasikan dalam range 0000 $0000_{(2)}$ sampai dengan 1111 $1111_{(2)}$.

Sehingga setiap sinyal PAM akan di-kode kan dalam pulsa biner secara serial. Mangapa harus PCM? PCM adalah satu-satunya sistem yang bisa memancarkan atau mengirimkan data kode biner, sehingga di penerima akan diterima data kode biner yang sama pula . Dengan demikian data atau besaran analog yang dipancarkan oleh pemancar akan sama persis dengan data atau besaran analog pada penerima. Sistem ini tidak dimiliki oleh sistem yang lain.

Sinkronisasi

Agar proses pengolahan data pada pemancar dan penerima serempak dan tidak salah kanal, maka perlu adanya sinkronisator. Untuk itu perlu adanya pulsa sinkronisasi yang dikirim oleh pemancar serempak dengan sinyal PCM. Pulsa sinkronisasi harus dibuat sesempit mungkin agar tidak menggangu pengolahan data yang lain.

Gambar 10.15. PCM dengan pulsa sinkronisasi

Pulsa sinkronisasi tersebut pada penerima akan dipergunakan untuk mereset *counter*, sehingga proses *multiplexing* pada pemancar dan penerima berjalan serempak. Pulsa sinkronisasi yang sempit tersebut bisa dibuat dengan rangkaian *monostable multivibrator*. Dalam contoh rangkaian di atas, rangkaian sinkronisator dibentuk dengan menggunakan *retriggerable monstable multivibrator*

Demodulator PCM

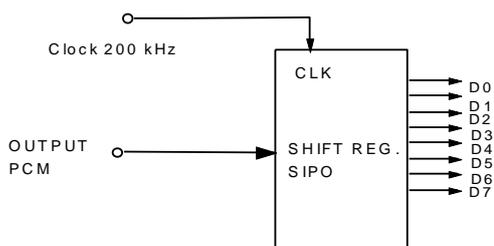
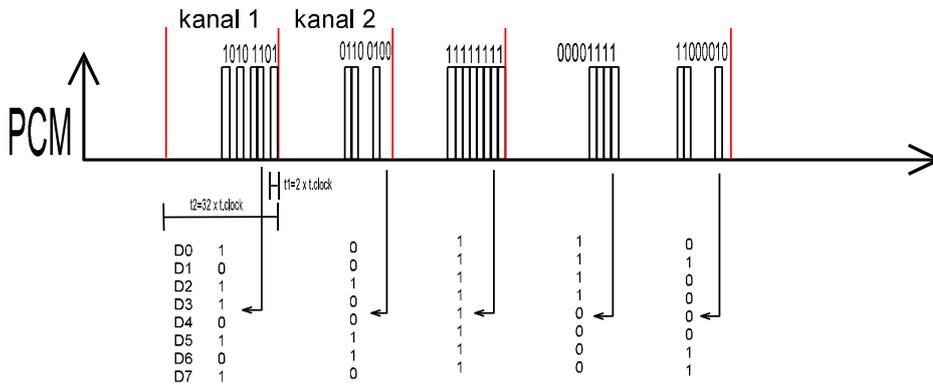
Langkah awal yang dilakukan oleh *demodulator* PCM adalah menterjemahkan pulsa kode biner yang dikirim oleh PCM. Dalam hal ini PCM demodulator dilengkapi dengan *serial to parallel converter* yang terdiri dari *shift register* Serial masukan paralel keluaran *(serial input parallel output SIPO)*. Data keluaran yang berupa data paralel dirubah oleh rangkaian *digital to analog converter*. Keluaran dari *D/A Converter* yang berupa pulsa amplitudo yang masih berupa sinyal - sinyal *multiplexing*.

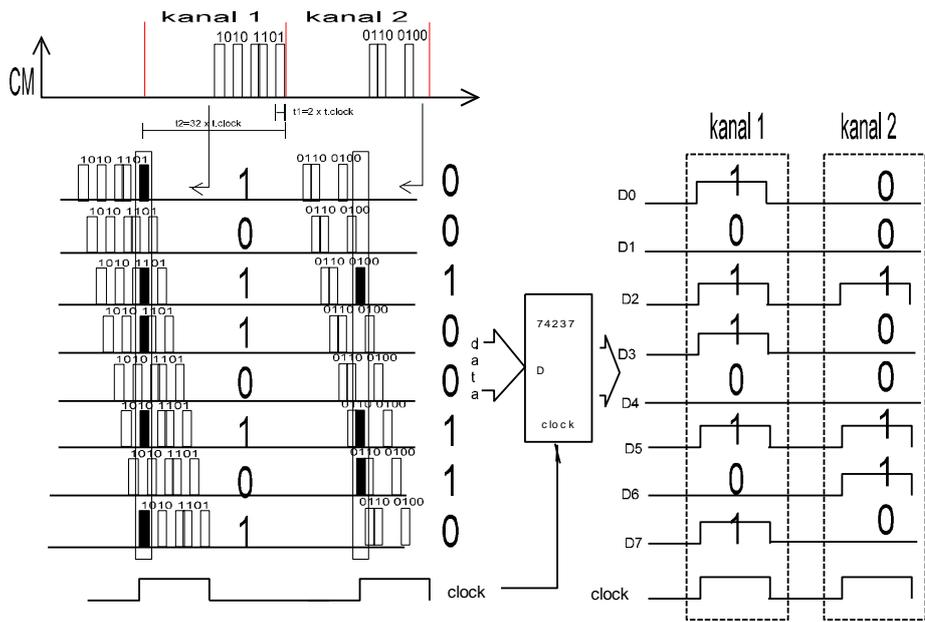
Untuk itu sinyal - sinyal *multiplexing* tersebut harus dipisahkan menjadi sinyal kanal 1 (Ch 1) dan kanal 2 (Ch 2) yang kemudian sinyal-sinyal tersebut dikembalikan ke dalam bentuk aslinya dengan cara filter oleh rangkaian Low Pass Filter untuk mendapatkan kembali sinyal informasi sesuai dengan sinyal aslinya.

Bagian-bagian dari Demodulator PCM (DPCM)

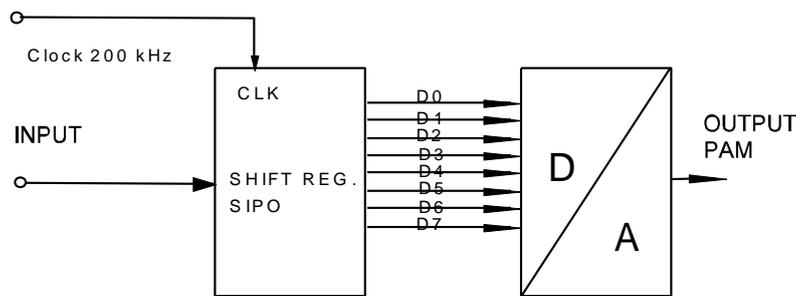
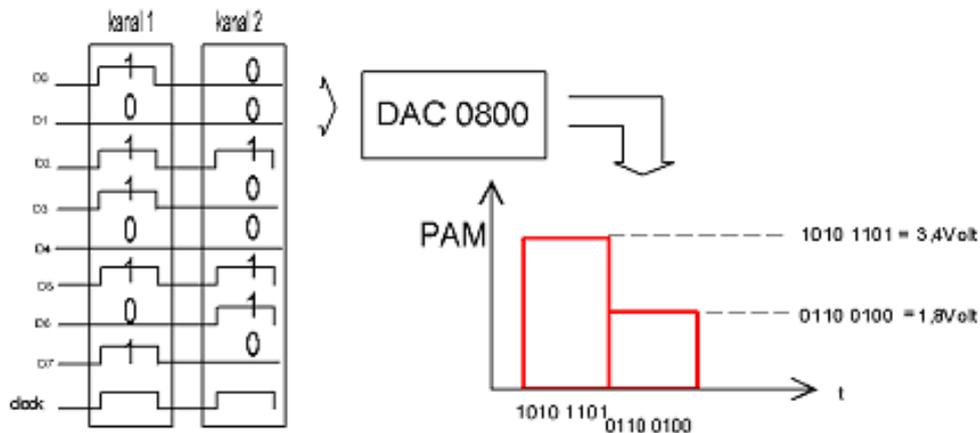
Untuk memperjelas fungsi dari beberapa bagian yang tergabung dalam demodulator PCM, maka akan dijelaskan secara rinci dalam begia berikut.

***Shift register* serial masukan paralel keluaran (SIPO)**

Shift register serial masukan paralel keluaran merupakan rangkaian yang mempunyai 1 serial masukan dan 8 data keluaran paralel.

Gambar.4.16 *Shift register* SIPO

Gambar 10.17. Perubahan data serial ke data paralel

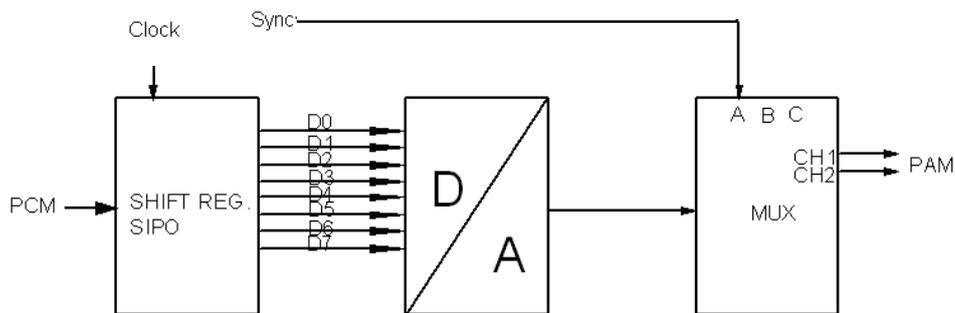
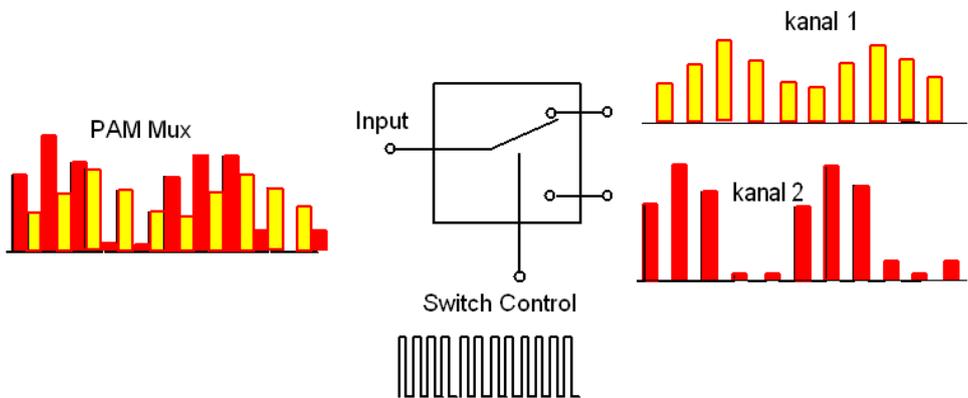
Setiap data PCM 8 bit yang diterima secara serial diterjemahkan ke dalam data biner paralel 8 bit. Data tersebut seterusnya diumpankan ke dalam rangkaian *digital to analog converter*. Namun karena pulsa PCM tersebut sangat sempit, karena diolah oleh rangkaian *shift register*, muncul masalah baru. Bahwa sinyal sekuensial dari PCM harus dipertahankan kondisinya selama satu perioda tertentu agar bisa dibaca oleh rangkaian *D/A Converter*. Tanpa langkah tersebut, maka akan terjadi kesalahan penterjemahan data biner ke analog. Pulsa-pulsa akan dipertahankan pada kondisinya selama waktu *clock* dan akan kembali ke logik 0 pada akhir pulsa *clock* oleh sebuah data *flip-flop*. Dengan demikian maka data-data kanal 1 dan kanal 2 yang tersusun secara deret / berurutan bisa dengan mudah dibaca oleh *D/A Converter* dan kemudian menghasilkan keluaran yang berupa PAM yang mengandung informasi analog dari kanal 1 dan kanal 2.

Gambar 10.18. Proses data pada data-*flip flop*

Digital to Analog Converter

Rangkaian *digital to analog converter* berfungsi merubah data-data biner menjadi pulsa analog. Dalam hal ini *D/A Converter* dibangun dengan menggunakan IC DAC 0800 yang mempunyai masukan 8 bit data.

Gambar 10.19. Blok *demodulator PAM*

Gambar 10.20. Proses sinyal digital ke sinyal analog

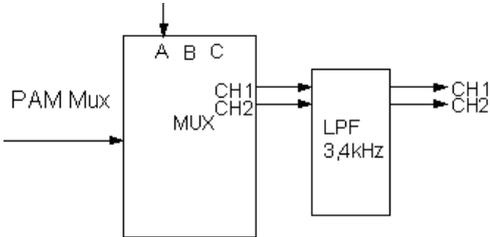
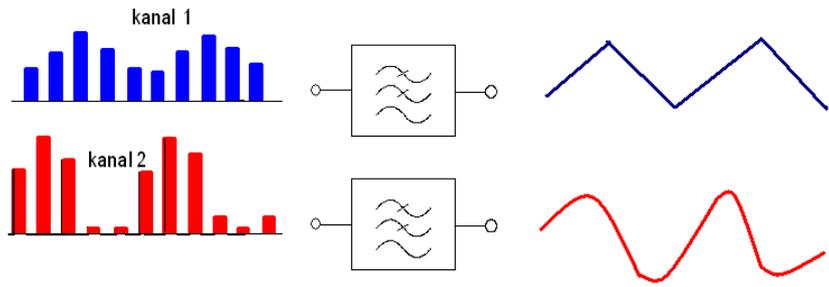
Setiap data dari setiap kanal akan diterjemahkan ke dalam amplitudo pulsa yang sama dengan level amplitudo pulsa dari sumber pemancar PCM. Deretan-deretan pulsa yang berurutan antara kanal 1 dan 2 tersebut dinamakan sinyal PAM, namun masih mengandung campuran informasi dari kanal 1 dan kanal 2.

PAM *Demultiplexing*

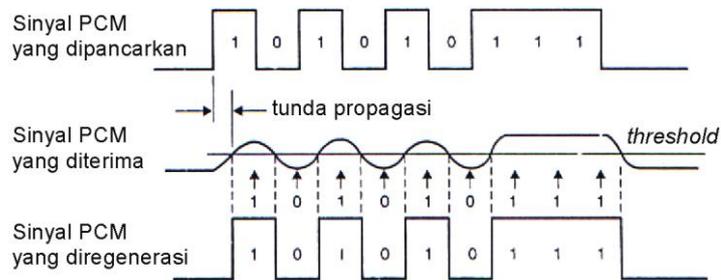
Untuk memisahkan pulsa amplitudo kanal 1 dan kanal 2 diperlukan rangkaian *demultiplexer,* namun perlu adanya sinkronisasi pen-saklaran antara *multiplexe*r dan *demultiplexer*. Hal ini dimaksudkan agar pada saat *multiplexer* memancarkan pulsa kanal 1, saat itu juga rangkaian *demultiplexer* sedang menerima pulsa kanal 1. Pulsa sinkronisasi dipakai untuk mereset rangkaian *demultiplexer*.

Gambar 10.21. Blok *demodulator PCM*

Gambar 10.22. *De-multiplexing* 2 kanal

Switch control *yang dipilih adalah untuk sistem* demultiplexing*, maka posisinya adalah A = aktif, B = off, C = off*

Low Pass Filter

Bentuk pulsa amplitudo pada keluaran *demultiplexing* masih berupa pulsa-pulsa. Untuk mengembalikan bentuk pulsa ke bentuk sinyal analog, perlu adanya rangkaian *low pass filter* 3,45 kHz pada ke dua kanal tersebut.

Gambar.4.23 Blok LPF

Gambar. 4.24 Low pass filter 3,4 kHz

Regenerative Repeater

Keuntungan dari PCM adalah proses digital yang terhindar dari cacad noise. Dalam proses reproduksi sinyal, hal ini sangat memudahkan, karena PCM hanya mengolah data 1 atau 0. Memang pada kenyataannya terjadi pelemahan dan perubahan bentuk sinyal. Namun sinyal yang lemah dan berubah bentuk tersebut bisa diatasi dengan menggunakan rangkaian *regenerative repeater*.

Gambar 10.25. Proses regenerasi

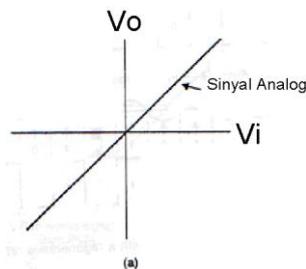
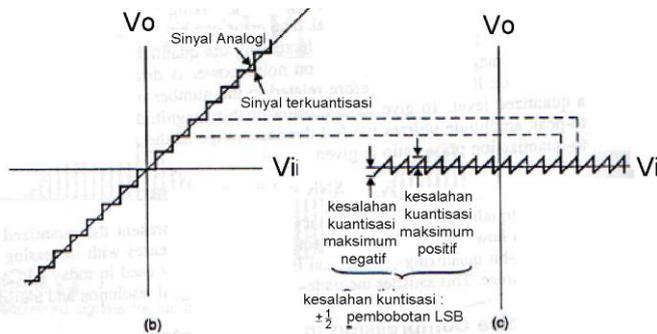
Harga rata-rata sinyal terhadap kuantisasi merupakan suatu perbandingan pada dinamis *range A/D converter* sesuai dengan persamaan tersebut di bawah:

$$SNR = 1,8 + 6.n$$

di mana SNR = *signal noise ratio*

n = jumlah bit A/D *converter*

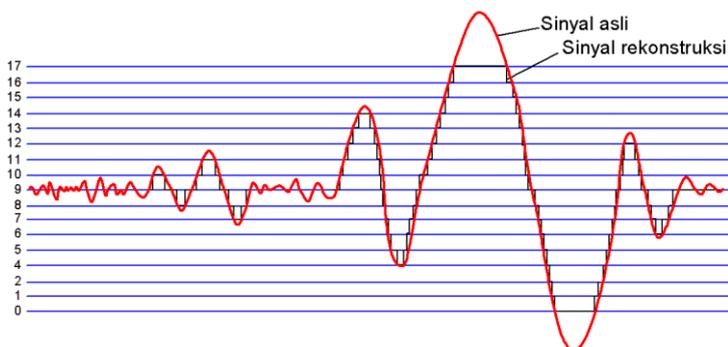
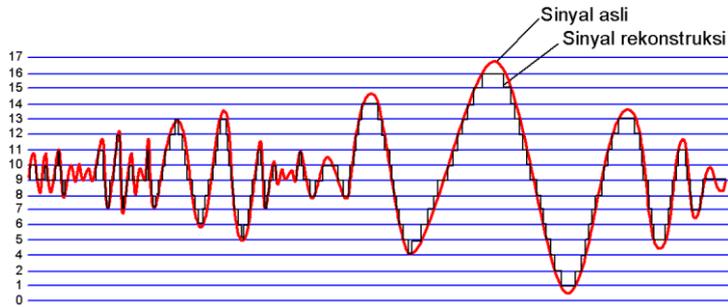
Voice compressor

Kesalahan pada reproduksi yang dihasilkan akibat adanya kesalahan kuantisasi *(quantizing error)* yang besarnya tergantung dari jumlah bit dari *A/D converter*. Pada *A/D convereter* 8 bit memiliki dinamis *range* 20xlog256=48dB. Permasalahan ini bisa diatasi dengan sistem kompresi (penindasan) sinyal.

Gambar 10.26. Kompresi sinyal

Singnal to quantizing noise ratio ditunjukkan pada tabel 4.2 seperti di bawah ini:

Tabel 10.2 *Signal to quantizing noise ratio*

JUMLAH BIT (n)	Jumlah kuantisasi (2^n)	*Signal-to Quantizing Noise Ratio* (dB)
4	16	25,8
5	32	31,8
6	64	37,8
7	128	43,8
8	256	49,8

Gambar 10.27 berikut menunjukkan perbedaan reperoduksi sinyal yang menggunakan sistem kompresi dan yang tidak menggunakan rangkaian kompresi dengan menggunakan A/D converter 4 bit. Pada reproduksi sinyal tanpa kompresi, akan menghasilkan sinyal reproduksi yang lebih besar dari sinyal aslinya (bisa terpotong puncak-puncaknya). Setelah diatasi dengan rangkaian kompresi, maka sinyal reproduksi kembali seperti sinyal aslinya.

(a)

(b)

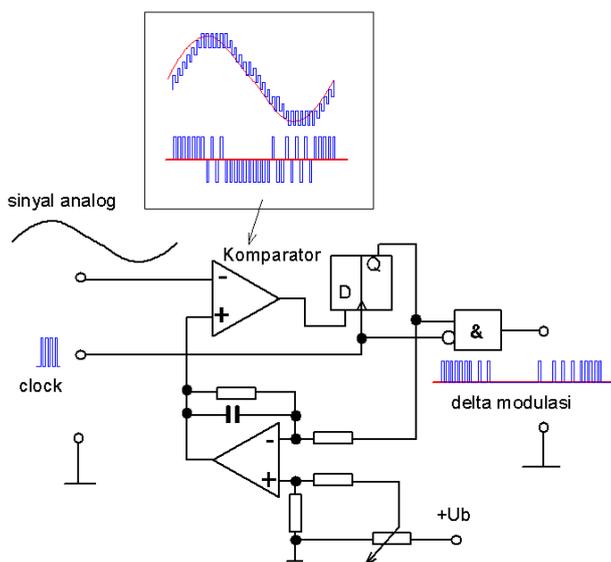
Gambar 10.27. Hasil reproduksi dengan penerapan kompresor

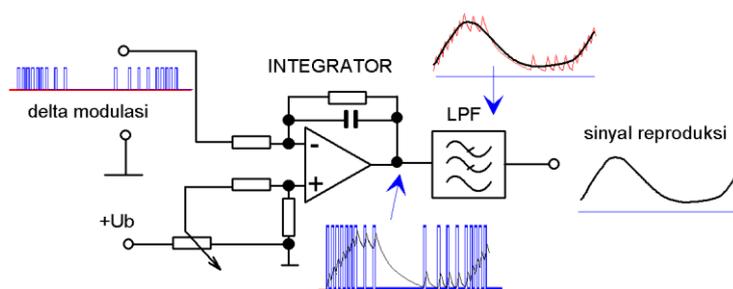
Bentuk Pulsa Modulasi Yang Lain

Selain *pulse amplitude modulation, pulse code modulation*, masih ada bentuk pulsa modulasi yang lain seperti *delta modulation*, *pulse phase modulation* dan *pulse width modulation*.

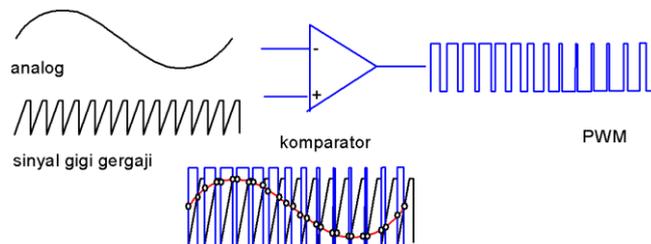
Delta modulation

Delta modulasi adalah sistem komunikasi digital dengan kecepatan bit yang relatif rendah. Sistem ini ada sebelum dikembangkan pulse code modulation. Delta modulation adalah sistem komunikasi digital dengan sistem modulasi pulsa yang paling tua. Sinyal input analog di komparasikan dengan sinyal *clock*. Sinyal input analog berfungsi sebagai tegangan pembanding. Posisi pulsa *clock* berada di bawah atau di atas sinyal masukan analog akan menentukan bentuk pulsa keluaran.

Dengan demikian akan mendapatkan sinyal digital dengan frekuensi sama dengan frekuensi *clock*. Sinyal digital tersebut siap dipancarkan atau disalurkan ke sebual transmisi. Sinyal digital diterjemahkan kembali oleh rangkaian delta demodulator, yang bisa dibangun dengan rangkaian paling sederhana yaitu rangkaian integrator untuk didapatkan kembali sinyal informasi.

Gambar 10.28. Delta modulator

Untuk mengembalikan pulsa dari pemancar delta modulator, dibangun sebuah rangkaian integrator seperti gambar 4.39. Pulsa-pulsa digital dimasukkn ke dalam rangkaian integrator. Prinsip rangkaian integrator adalah sebuah lowpass filter. Sehingga terjadi pengisian dan pengosongan tegangan tergantung dari komposisi deretan pulsa delta modulasi. Hasil dari integrator adalah sebuah sinyal informasi yang masih mengandung sisa-sisa pulsa clock. Untuk menghilangkan sisa-sisa pulsa tersebut dibangun sebuah lowpass filter sehingga sinyal keluaran dari ragkaian integrator adalah sinyal reproduksi yang sama dengan sinyal pemancar.

Gambar 10.29. Delta demodulator (Integrator)

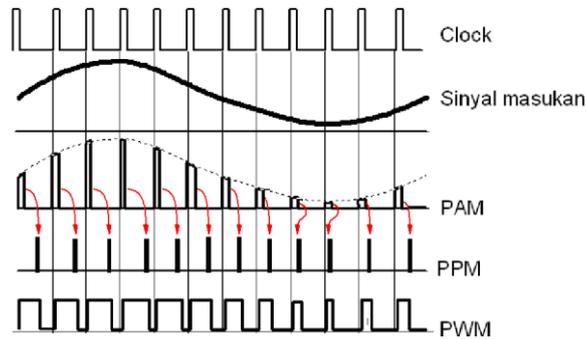
4. *Pulse Width Modulation (PWM)*

Pulse Width Modulation adalah suatu sistem modulasi lebar pulsa. Sistem pemrosesan sinyal analog ke dalam pulsa-pulsa yang lebar pulsanyanya berubah sesuai dengan amplitudo sinyal masukan analog.

Gambar 10.30. *Pulse Width Modulation*

Sinyal analog dimasukkan ke masukan *inverting* dibandingkan dengan sinyal *ramp* yang dimasukkan ke dalam masukan *non-inverting* sebuah operasional amplifier. Perpotongan antara sinyal masukan dengan sinyal *ramp* (gigi gergaji)akan menghasilkan pulsa-pulsa yang lebar-sempitnya tergantung level sinyal masukan.

Semakin tinggi level tegangan masukan analog maka akan semakin lebar pulsa PWM. Sebaliknya semakin rendah level tegangan maka semakin sempit pulsa PWM yang dihasilkan. Aplikasi PWM biasa digunakan pada tape mobil, sistem kontrol motor, sietm kontrol pada otomotiv dsb. Sistem pengapian pada mobil bisa mengganggu radio/tape mobil karena induksi tegangan tinggi pada kumparan pengapian. Untuk mengatasi hal tersebut dibuatlah sistem audio/radio yang sinyalnya tidak yerganggu oleh induksi kumparan pengapian, karena sistem modulasi pulsa tidak terpengaruh oleh level tegangan pulsa.

5. *Pulse Phase Modulation (PPM)*

Pulsa Phase Modulasi (PPM) adalah suatu sistem pemrosesan sinyal analog ke dalam pulsa-pulsa digital yang beda *phase*-nya berubah sesuai dengan amplitudo sinyal masukan. Semakin tinggi level tegangan masukan analog maka akan semakin besar sudut pulsa PPM. Sebaliknya semakin rendah level tegangan maka semakin kecil sudut pulsa PWM yang dihasilkan Hubungan antara beberapa sistem modulasi pulsa dengan *pulse phase modulation* adalah seperti pada Gambar 4.41

Gambar 10.31. Hubungan antara beberapa sistem modulasi pulsa

Aplikasi-aplikasi dari beberapa jenis modulasi pulsa sangat tergantung dari kebutuhan. Salah satu aplikasi PPM dikembangkan dalam sistem pengolahan gambar pada sistem televisi warna yang lebih populer disebut dengan *quadratur modulation* (Quam).

C. RANGKUMAN

Sistem telekomunikasi dewasa ini dituntut terbebas dari gangguan sistem transmisi, seperti gangguan petir, gangguan saluran terlalu panjang, gangguan loncatan api dari pengapian motor dansebagainya. Di samping itu juga dituntut kualitas reproduksi informasi yang bersih dan noise rendah. Untuk itu diperlukan sistem komunikasi digital yang prinsipnya merubah besaran analog ke dalam besaran digital, yang kemudian dipancarkan berupa pulsa-pulsa digital.

PCM mulai dikembangkan pada tahun 1937 di Paris pada perusahaan AT&T. PCM adalah metode pemancaran secara serial seperti halnya pemancaran sinyal analog, hanya yang dipancarkan dalam sistem PCM adalah deretan pulsa-pulsa biner "1" dan "0".

Sistem *sampling* adalah sistem pengambilan data *sample* sesaat yang merupakan level tegangan analog dalam waktu yang sangat sempit. Sistem sampling ini digunakan dalam teknik komunikasi digital untuk mendapatkan pulsa-pulsa tegangan yang sempit *(sample)* yang nantinya level tersebut akan dirubah menjadi informasi biner dalam *analog to digital converter (A/D Converter).*

Tahap awal dari proses perubah sinyal analog ke digital adalah system pengambilan sinyal *sample* yang sempit yang disebut dengan *pulse amplitude*

modulation (PAM), yang merupakan saklar elektronik yang dikontrol oleh pulsa *train* (pulsa *sampling)* selebar satu per frekuensi *sampling* (1/fs).

Pulse Amplitude Modulation merubah sinyal analog kontinyu menjadi sinyal diskret yang berupa pulsa-pulsa yang memiliki amplitudo yang bervariasi.

Pada system double polarity PAM, baik sinyal –sinyal masukan maupun sinyal keluaran memiliki polaritas tegangan ganda yaitu level tegangan positip dan negatip.

Sinyal *pulse code modulation (PCM)* adalah merupakan sederetan pulsa digital yang merupakan hasil perubahan sinyal analog yang telah dicacah dalam bentuk sinyal *pulse amplitude modulation PAM* kemudian dirubah ke dalam biner oleh perubah analog ke digital serta tersusun secara deret setelah diolah melalui *shift register*.

Pulse Code Modulation pada prinsipnya adalah perubahan data biner paralel ke dalam data biner seri yang selalu bergeser secara deret. Data yang keluar dari A/D converter adalah data-data parallel. Dengan demikian perlu adanya rangkaian yang merubah data paralel menjadi data serial berupa *shift register* yang merubah susunan data paralel masukan ke dalam serial keluaran *(parallel input serial output PISO)*.

Agar proses pengolahan data pada pemancar dan penerima serempak dan tidak salah kanal, maka perlu adanya sinkronisator. Untuk itu perlu adanya pulsa sinkronisasi yang dikirim oleh pemancar serempak dengan sinyal PCM.

Rangkaian *digital to analog converter* berfungsi merubah data-data biner menjadi pulsa analog. Dalam hal ini *D/A Converter* dibangun dengan menggunakan IC DAC 0800 yang mempunyai masukan 8 bit data.

Keuntungan dari PCM adalah proses digital yang terhindar dari cacad noise. Dalam proses reproduksi sinyal, hal ini sangat memudahkan, karena PCM hanya mengolah data 1 atau 0.

Delta modulasi adalah sistem komunikasi digital dengan kecepatan bit yang relatif rendah. Sistem ini ada sebelum dikembangkan pulse code modulation. Delta modulation adalah sistem komunikasi digital dengan sistem modulasi pulsa yang paling tua.

Pulse Width Modulation adalah suatu sistem modulasi lebar pulsa. Sistem pemrosesan sinyal analog ke dalam pulsa-pulsa yang lebar pulsanyanya berubah sesuai dengan amplitudo sinyal masukan analog.

Pulsa Phase Modulasi (PPM) adalah suatu sistem pemrosesan sinyal analog ke dalam pulsa-pulsa digital yang beda *phase*-nya berubah sesuai dengan amplitudo sinyal masukan. Semakin tinggi level tegangan masukan analog maka akan semakin besar sudut pulsa PPM.

D. TUGAS

1. Bentuk kelompok diskusi yang terdiri dari 3 orang siswa.
2. Diskusikan apa yang dimaksud *Pulse Width Modulation* (PWM). Dimana saja PWM digunakan saat ini. Kelebihan dan kekurangan PWM.
3. Tulis dan laporkan hasilnya.

E. TES FORMATIF

1. Metode pemancaran secara serial seperti halnya pemancaran sinyal analog, hanya yang dipancarkan adalah deretan pulsa-pulsa biner "1" dan "0" disebut ......
2. Apa yang dimaksud dengan Sistem sampling ? jelaskan secara singkat !
3. Pada system double polarity PAM, baik sinyal –sinyal masukan maupun sinyal keluaran memiliki polaritas tegangan ganda yaitu .... dan ....
4. Perubahan data biner paralel ke dalam data biner seri yang selalu bergeser secara deret terjadi di mode modulasi ....
5. Jelaskan dengan singkat yang dimaksud PPM !

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

2 ....
....

5.2 KEGIATAN BELAJAR 11

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

Menerapkan macam-macam rangkaian penguat daya frekuensi radio

B. MATERI

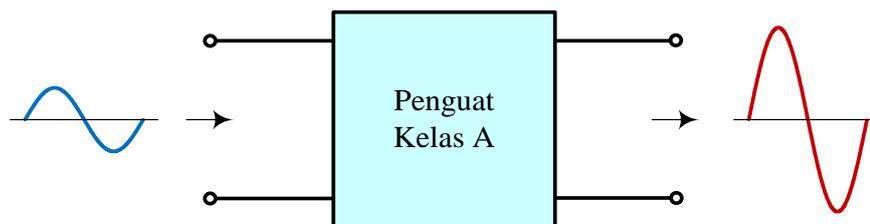
1. Macam-macam Penguat

Secara umum, suatu penguat adalah peralatan yang menggunakan tenaga yang kecil untuk mengendalikan tenaga yang lebih besar. Ada beberapa cara untuk mengungkapkan penguat.

Rangkaian penguat umumnya digolongkan dalam kelas-kelas, Kelas A, B, AB, dan C untuk rancangan analog, Kelas D dan E untuk rancangan pengalih (*switching*). Di samping itu masih ada kelas E/F untuk penguat daya pengalih efisiensi tinggi yang bekerja untuk gelombang segi empat.

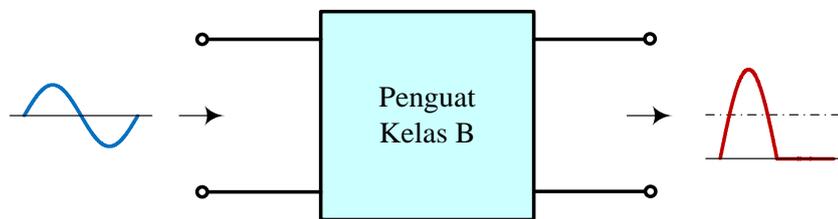
Penguat kelas A

Penguat kelas A menguatkan seluruh daur masukan sehingga keluarannya merupakan salinan asli yang diperbesar amplitudonya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.1. Penguat kelas ini umumnya digunakan sebagai penguat sinyal kecil. Penguat jenis ini tidak terlalu efisien, dengan efisiensi maksimum 50%. Bila digunakan untuk sinyal-sinyal kecil, rugi-rugi daya yang terjadi juga kecil sehingga dapat diterima.

Dalam penguat Kelas A, unsur penguatnya diberi prategangan sedemikian sehingga rangkaian itu selalu menghantar dan dioperasikan pada bagian yang linear pada lengkungan karakteristik penguat. Karena peralatan itu selalu menghantar meskipun tidak ada masukan, terdapat daya yang terbuang, dan hal itulah yang menyebabkan efisiensinya rendah.

Gambar 11.1. Blok penguat kelas A

Penguat Kelas B

Penguat kelas B hanya menggunakan setengah daur gelombang masukan, sehingga menimbulkan cacat yang sangat besar tetapi mempunyai efisiensi yang lebih tinggi ketimbang penguat Kelas A. Penguat Kelas B mempunyai efisiensi maksimum sekitar 75% karena pada setengah daur berikutnya penguat ini tidak bekerja sehingga tidak menggunakan daya sama sekali pada saat itu.

Penguat Kelas B tunggal jarang dipergunakan dalam praktik, meskipun dapat dimanfaatkan sebagai penguat daya frekuensi radio (RF) yang tidak terlalu memperhatikan cacat yang timbul.

Gambar 11.2. Blok penguat kelas B

Rangkaian penguat praktis yang menggunakan unsur Kelas B adalah pasangan saling melengkapi yang dikenal sebagai penguat *Push Pull*.

Di sini masing-masing unsur memperkuat setengah gelombang masukan yang berlawanan dan digabungkan kembali pada keluarannya. Gabungan itu memberikan efisiensi yang sangat baik tetapi mempunyai kelemahan pada bagian sambungan antara dua setengah gelombang yang berlawanan tersebut, yang disebut sebagai cacat sambungan (*crossover distortion*).

Gambar 11.3. Blok penguat kelas B Push Pull

Untuk mengatasi cacat sambungan itu adalah dengan memberikan prategangan pada saat unsur penguat itu mulai bekerja ketimbang mematikannya sama sekali pada saat tidak digunakan. Operasi semacam itu disebut operasi Kelas AB.

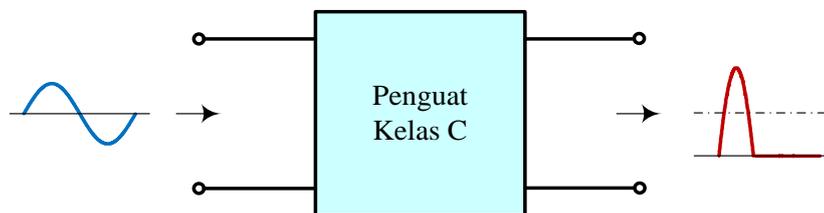
Penguat Kelas AB

Pada penguat kelas AB masing-masing bagian bekerja pada bagian tak-linear juga di samping setengah gelombangnya pada bagian linear. Rangkaian semacam itu berperilaku sebagai Kelas A dalam kawasan bila keduanya berada dalam bagian linear, tetapi tidak dapat dikatakan sebagai Kelas A jika sinyal melewati di luar kawasan tersebut, karena di luar itu hanya satu unsur yang tetap berada dalam kawasan linear sedangkan yang lain bekerja seperti layaknya Kelas B. Dengan gabungan keduanya itu cacat sambungan dapat diperkecil atau dihilangkan sama sekali.

Perlu diperhatikan bahwa efisien penguat Kelas AB lebih besar ketimbang Kelas A, tetapi lebih kecil bila dibandingkan dengan Kelas B.

Rangkaian penguat Kelas B atau AB *push-pull* merupakan bentuk rancangan yang umum dipakai dalam penguat audio. Kelas AB dipandang sebagai kompromi untuk penguat audio karena banyak waktu dalam musik cukup hening sehingga sinyal banyak berada dalam kawasan 'Kelas A' yang dapat memberikan mutu yang sesuai dengan aslinya. Penguat Kelas B dan AB tersebut juga dapat digunakan untuk penguat RF linear.

Penguat kelas C

Penguat kelas C menghantar kurang dari 50% sinyal masukan dan cacat keluarannya tinggi, tetapi efisiensinya dapat mencapai 90%. Beberapa pemakaian dapat memaafkan cacat tersebut, misalnya pada megafon (*megaphone* – penguat corong yang dipegang tangan).

Gambar 11.4. Blok penguat kelas C

Penggunaan umum untuk penguat Kelas C ini adalah dalam pemancar RF di situ cacat yang terjadi dapat sangat dikurangi dengan menggunakan beban yang ditala pada frekuensi tertentu. Sinyal masukan itu digunakan untuk mengalihkan penguat tersebut dari keadaan hidup ke mati dan sebaliknya, yang menimbulkan pulsa arus yang mengalir melalui rangkaian tertala tersebut.

Rangkaian tertala itu hanya beesonansi pada frekuensi tertentu sehingga frekuensi-frekuensi yang tidak diinginkan dapat sangat diredam dan sinyal frekuensi yang diinginkan (berbentuk sinusoisa) dapat diterima oleh beban yang ditala untuk frekuensi itu. Asalkan pemancar itu tidak memancar dengan bidang frekuensi yang luas, susunan semacam itu bekerja dengan baik dan harmonisa-harmonisa yang lain dapat dihilangkan dengan menggunakan penyaring.

Penguat Kelas D

Penguat kelas D merupakan penguat daya yang bekerja secara hidup/mati. Generator pulsa merupakan peralatan yang memanfaatkan keluaran penguat semacam itu. Umumnya penguat ini digunakan untuk menghasilkan sinyal dengan lebar jalur frekuensi sangat di bawah frekuensi pengalihannya. Keluaran penguat ini juga mengandung komponen spektrum yang tidak dikehendaki (harmonisa frekuensi pulsa) yang harus diredam dengan penyaring pasif.

Keunggulan utama penguat Kelas D ini adalah efisiensi dayanya. Karena pulsa keluarannya mempunyai amplitudo yang tetap, unsur pengalihnya (umumnya berupa MOSFET) hanya dioperasikan hidup atau mati sehingga hanya sedikit daya yang dipakai selama operasi itu. Penguat Kelas D banyak dipakai untuk mengendalikan motor, khususnya motor arus searah, tetapi sekarang mulai sudah digunakan sebagai penguat audio.

Penguat Kelas E dan F

Penguat kelas E maupun F merupakan penguat daya pengalih efisiensi tinggi, umumnya digunakan dalam frekuensi tinggi.Perlu diperhatikan bahwa huruf D tidak menyatakan digital, tetapi merupakan kelanjutan abjad setelah C. Penguat Kelas D dan E/F sering dianggap sebagai ‘digital’ karena bentuk gelombang keluarannya serupa dengan deretan pulsa.

2. Penguat RF

Penguat RF merupakan perangkat yang berfungsi memperkuat sinyal frekuensi tinggi yang dihasilkan osilator RF dan disalurkan ke antena untuk dipancarkan. Penguat RF yang ideal harus menunjukkan tingkat perolehan daya yang tinggi, noise yang rendah, stabilitas dinamis yang baik, admitansi pindah baliknya rendah, sehingga antena akan terisolasikan dari osilator dan selektivitas yang cukup untuk mencegah masuknya frekuensi IF, frekuensi bayangan dan frekuensi liar lainnya.

Pada penguat RF, rangkaian yang umum digunakan adalah penguat kelas A dan kelas C. Secara umum penguat RF lengkap terdiri dari tiga buah tingkatan, yaitu buffer, driver dan final.

Buffer, merupakan blok rangkaian yang berfungsi sebagai penyangga atau penyaring sinyal masukan (input) agar sesuai dengan karakteristik kerja penguat. Buffer merupakan penguat tingkat satu dengan daya output masih kecil. Buffer merupakan suatu rangkaian penguat yang mempunyai impedansi input tinggi dan impedansi output rendah. Impedansi input tinggi berarti pembebanan yang rendah dari tingkat sebelumnya yaitu osilator. Jika buffer tidak digunakan maka transfer daya dari tingkat sebelumnya ke tingkat selanjutnya tidak bisa maksimum. Penguat buffer umumnya mempunyai daya output maksimum 0,5 watt.

Driver, merupakan tingkat kedua yang juga merupakan rangkaian kendali dari penguat RF. Rangkaian penguat pada driver akan menentukan daya pada rangkaian final. Rangkaian penguat driver ini mempunyai daya output yang lebih besar dari rangkaian buffer. Penguat driver umumnya mempunyai output daya maksimum 5 watt. Rangkaian penguatnya dikatakan rangkaian penguat sinyal menengah atau daya sedang.

Final, merupakan penguat tingkat akhir. Rangkaian penguat final menentukan daya output secara keseluruhan dari penguat RF. Rangkaian final merupakan penguat tingkat akhir yang ouputnya langsung dihubungkan ke antena pemancar. Komponen penguat dari rangkaian final ini mempunyai daya yang tinggi.

Transmitter dibangun dari beberapa komponen, yaitu osilator, modulator, penguat daya RF (*Radio Frequency*), saluran transmisi, dan antena. Osilator digunakan sebagai penghasil gelombang sinus frekuensi tinggi yang digunakan

sebagai frekuensi pembawa (cf). Modulator digunakan untuk memodulasi informasi yang akan dibawa dengan frekuensi pembawa. Penguat daya RF digunakan untuk menguatkan daya keluaran osilator sampai suatu nilai yang dikehendaki. Keluaran penguat daya RF diumpankan ke antena melalui saluran transmisi.

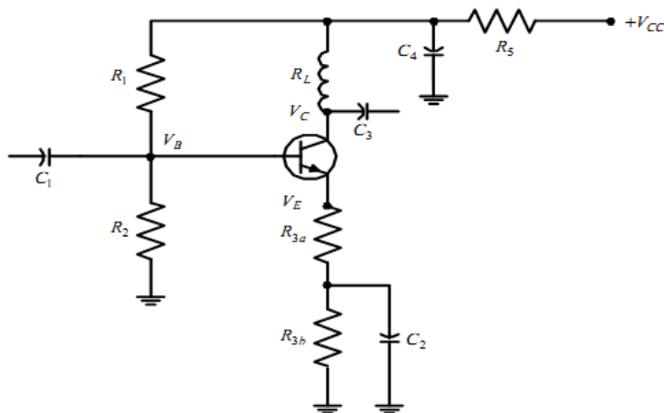
Daya keluaran dari suatu pemancar ditentukan oleh penguat daya RF yang digunakan, sehingga pemancar berdaya kuat akan dapat diperoleh apabila penguat daya RF yang digunakan mampu menghasilkan daya keluaran yang besar. Pemancar yang umum dipasarkan adalah pemancar dengan daya keluaran kecil. Pemancar berdaya besar, selain sulit diperoleh harganya juga sangat mahal. Selain itu, penggunaan pemancar komersial terbatas pada daya keluaran dan frekuensi kerja yang telah dispesifikasikan. Pemancar dengan spesifikasi daya keluaran 1000 mW pada frekuensi kerja 100 MHz tidak akan dapat menghasilkan daya keluaran 1000mW apabila dikerjakan pada frekuensi 200 MHz.

Rangkaian Penguat RF

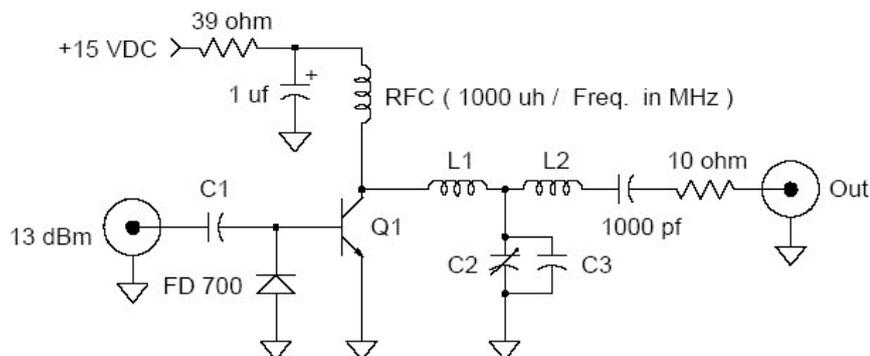
Rangkaian penguat dapat terdiri dari satu komponen aktif dan beberapa komponen pasif. Komponen aktif dapat berupa transistor atau IC, sedangkan komponen pasif dari suatu rangkaian penguat terdiri dari resistor, kapasitor, dan induktor.

Suatu resistor dapat mulai bersifat seperti kapasitor atau induktor pada daerah RF. Perilaku tersebut disebabkan oleh adanya kapasitansi stray atau induktansi stray. Karena kedua hal tersebut pada umumnya tidak diinginkan dan membatasi unjuk kerja komponen-komponen pada frekuensi tinggi, maka mereka dinamakan juga sebagai *parasitic effects*.

Penguat RF Kelas A

Penguat kelas A sebagai suatu penguat yang mempunyai kemampuan terbesar dalam mereproduksi masukan dengan distorsi yang terkecil, dengan atau tanpa rangkaian umpan balik negatif. Namun demikian, efisiensi penguat kelas A adalah paling kecil dibandingkan dengan penguat daya kelas lainnya. Rangkaian penguat kelas A dengan umpan balik emitor diperlihatkan pada gambar 11.5 dibawah.

Gambar 11.5. Rangkaian penguat kelas A

Penguat RF Kelas C

Penguat daya mode kelas C mempunyai efisiensi yang lebih besar dan rangkaian yang lebih sederhana dibandingkan dengan penguat daya kelas A. Rangkaian penguat daya mode kelas C ditunjukkan pada gambar 11.6 dibawah.

Freq.	P out	C1	C2	C3	L1	L2	RFC	Q1
30 MHz	30 dBm	150 pf	15 pf	39 pf	1.5 uh	1.2 uh	33 uh	2N5109
100 MHz	24 dBm	68 pf	10 pf	none	.82 uh	.47 uh	10 uh	2N5109
200 MHz	30 dBm	33 pf	10 pf	none	.47 uh	.27 uh	5.6 uh	MRF227

Gambar 11.6. Rangkaian penguat RF kelas C

Perencanaan penguat daya kelas C pada umumnya dilakukan dengan menggunakan impedansi sinyal kuat transistor. Impedansi sinyal kuat merupakan parameter transistor yang dapat diukur dan atau diperkirakan. Impedansi sinyal kuat yang terukur hanya berlaku pada tingkat frekuensi dan tingkat daya dimana mereka diukur. Karena harga-harga tersebut merupakan hasil dari beberapa pengubah tidak linier dalam rangkaian, maka harga-harga tersebut diperkirakan

akan sangat berubah menurut frekuensi, penggerak, daya keluaran, dan tegangan sumber. Meskipun demikian, impedansi sinyal kuat dapat dianggap sebagai suatu pendekatan yang bermanfaat dalam melakukan perencanaan tahap pertama.

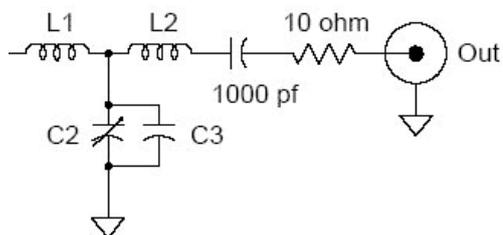
Impedansi keluaran sinyal kuat CZ dari transistor daya HF dan VHF bipolar umumnya diperkirakan dengan menganggap sebagai hasil kombinasi paralel antara kapasitansi keluaran kolektor Cob dan resistansi beban kolektor LR . Resistansi beban kolektor ditentukan dengan persamaan :

$$R_L = \frac{{V_{CC}}^2}{2P_{out}}$$

Dengan VCC adalah tegangan catu yang diberikan, dan Pout adalah daya keluaran yang diinginkan.

Impedansi masukan sinyal kuat dari transistor bipolar (BJT) khasnya merupakan tahanan beberapa ohm yang seri dengan reaktansi induktif beberapa ohm, dan perolehan daya transistor bipolar khasnya berkisar dari 5 sampai 14dB.

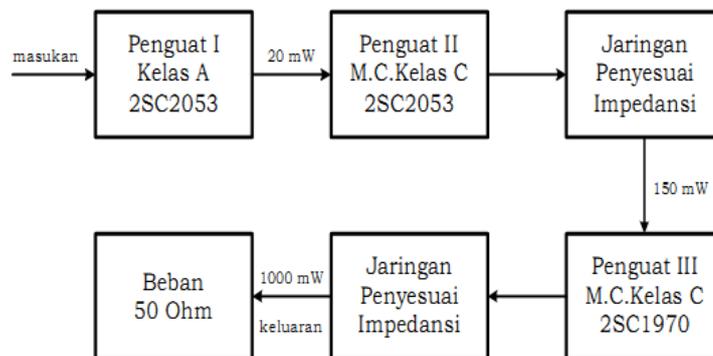
Penyesuai Impedansi

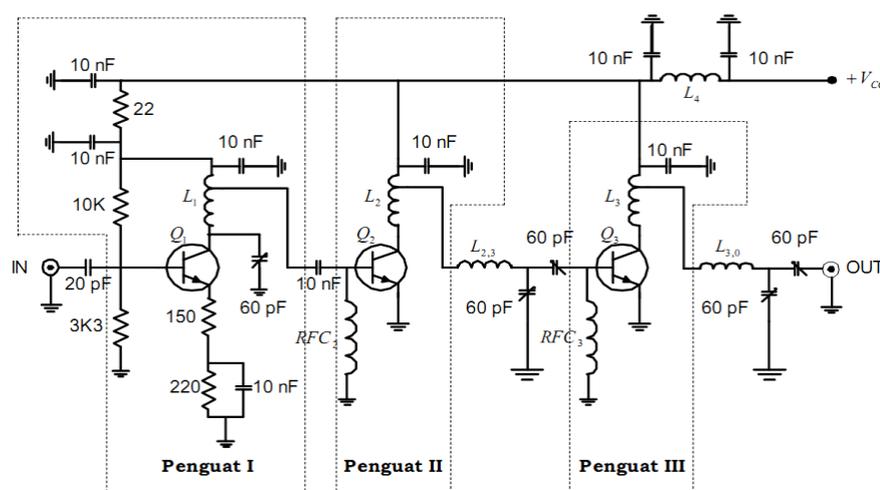
Suatu bentuk jaringan penyesuai elemen diskrit yang sering digunakan diperlihatkan pada gambar 11.7. Jaringan penyesuai terdiri dari 4 buah reaktansi, yaitu dua buah induktor dan dua buah kapasitor. Jaringan penyesuai digunakan untuk menyesuaikan impedansi penguat dan impedansi antena.

Gambar 11.7. Penyesuai impedansi

Perancangan Penguat Daya RF

Penguat daya RF dirancang untuk dioperasikan pada frekuensi (fc) 100 MHz, dengan daya keluaran (Pout) 1000mW pada tegangan catu (VCC) 12V. Frekuensi kerja ditetapkan karena berhubungan dengan transistor dan nilai

komponen yang akan digunakan, yaitu induktor dan kapasitor. Tegangan catu ditetapkan untuk menentukan resistansi beban kolektor (RL) yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya keluaran yang diharapkan.

Penguat daya RF dirancang untuk menghasilkan keluaran sebesar 1000mW dengan sinyal masukan sekitar 10mW (daya keluaran osilator pada sistem 50Ω). Penguat daya RF akan dibuat dari tiga tingkatan penguat, yaitu penguat I, penguat II, dan penguat III. Penguat I akan dioperasikan pada kelas A, sedangkan penguat II dan penguat III akan dioperasikan pada mode campuran kelas C. Perolehan daya transistor bipolar untuk penguat daya kelas C khasnya adalah 5-14 dB. Diagram blok akhir dari penguat daya RF yang dirancang ditunjukkan pada gambar 11.8.

Gambar 11.8. Blok rancangan penguat RF

Rangkaian lengkap penguat daya RF hasil rancangan diperlihatkan pada gambar 11.9.

Gambar 11.9. Skema rangkaian penguat RF

Perancangan Power Supply

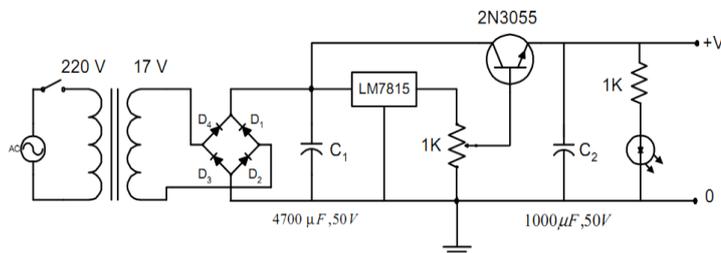
Power supply digunakan untuk memberikan tegangan dan arus searah yang dibutuhkan oleh rangkaian penguat. Perancangan power supply dimulai dengan menentukan daya masukan searah, dan arus searah minimal yang dibutuhkan oleh rangkaian penguat. Efisiensi penguat daya kelas A maksimal adalah 50 %, sedangkan efisiensi penguat kelas C maksimal sekitar 80%.

Oleh karena itu, daya masukan searah minimal yang dibutuhkan oleh rangkaian penguat dihitung sebagai berikut :

1. Daya searah minimal penguat I adalah 2 x 20 mW.
2. Daya searah minimal penguat II adalah 1,43 x 150 mW.
3. Daya searah minimal penguat III adalah 1,43 x 1000 mW.

Total daya masukan searah minimal yang dibutuhkan adalah :

Pi-min = (2x20) + (1,43x150) + (1,43x1000) = 1684mW atau 1,68 W. Pada tegangan catu 12V, arus minimal (IDC-min) yang harus dapat diberikan oleh catu daya adalah 0,14 A.

Power supply harus mampu mengeluarkan daya minimal 1,68 W. Untuk memenuhi hal itu, catu daya DC yang direalisasikan ditunjukkan pada gambar 11.10 dibawah.

Gambar 11.10. Skema power supply

C. RANGKUMAN

Rangkaian penguat umumnya digolongkan dalam kelas-kelas, Kelas A, B, AB, dan C untuk rancangan analog, Kelas D dan E untuk rancangan pengalih (*switching*). Di samping itu masih ada kelas E/F untuk penguat daya pengalih efisiensi tinggi yang bekerja untuk gelombang segi empat.

Penguat kelas A menguatkan seluruh daur masukan sehingga keluarannya merupakan salinan asli yang diperbesar amplitudonya. Penguat

kelas ini umumnya digunakan sebagai penguat sinyal kecil. Penguat jenis ini tidak terlalu efisien, dengan efisiensi maksimum 50%.

Penguat kelas B hanya menggunakan setengah daur gelombang masukan, sehingga menimbulkan cacat yang sangat besar tetapi mempunyai efisiensi yang lebih tinggi ketimbang penguat Kelas A. Penguat Kelas B mempunyai efisiensi maksimum sekitar 75% karena pada setengah daur berikutnya penguat ini tidak bekerja sehingga tidak menggunakan daya sama sekali pada saat itu.

Rangkaian penguat praktis yang menggunakan unsur Kelas B adalah pasangan saling melengkapi yang dikenal sebagai penguat *Push Pull*

Pada penguat kelas AB masing-masing bagian bekerja pada bagian tak-linear juga di samping setengah gelombangnya pada bagian linear. Rangkaian semacam itu berperilaku sebagai Kelas A dalam kawasan bila keduanya berada dalam bagian linear, tetapi tidak dapat dikatakan sebagai Kelas A jika sinyal melewati di luar kawasan tersebut. Perlu diperhatikan bahwa efisien penguat Kelas AB lebih besar ketimbang Kelas A, tetapi lebih kecil bila dibandingkan dengan Kelas B.

Penguat kelas C menghantar kurang dari 50% sinyal masukan dan cacat keluarannya tinggi, tetapi efisiensinya dapat mencapai 90%. Beberapa pemakaian dapat memaafkan cacat tersebut, misalnya pada megafon (*megaphone* – penguat corong yang dipegang tangan).

Penggunaan umum untuk penguat Kelas C ini adalah dalam pemancar RF di situ cacat yang terjadi dapat sangat dikurangi dengan menggunakan beban yang ditala pada frekuensi tertentu.

Penguat kelas D merupakan penguat daya yang bekerja secara hidup/mati. Generator pulsa merupakan peralatan yang memanfaatkan keluaran penguat semacam itu.

Keunggulan utama penguat Kelas D ini adalah efisiensi dayanya. Karena pulsa keluarannya mempunyai amplitudo yang tetap, unsur pengalihnya (umumnya berupa MOSFET) hanya dioperasikan hidup atau mati sehingga hanya sedikit daya yang dipakai selama operasi itu. Penguat Kelas D banyak dipakai untuk mengendalikan motor, khususnya motor arus searah, tetapi sekarang mulai sudah digunakan sebagai penguat audio.

Penguat kelas E maupun F merupakan penguat daya pengalih efisiensi tinggi, umumnya digunakan dalam frekuensi tinggi. Penguat Kelas D dan E/F sering dianggap sebagai 'digital' karena bentuk gelombang keluarannya serupa dengan deretan pulsa.

Penguat RF merupakan perangkat yang berfungsi memperkuat sinyal frekuensi tinggi yang dihasilkan osilator RF dan disalurkan ke antena untuk dipancarkan. Penguat RF yang ideal harus menunjukkan tingkat perolehan daya yang tinggi, noise yang rendah, stabilitas dinamis yang baik, admitansi pindah baliknya rendah.

Pada penguat RF, rangkaian yang umum digunakan adalah penguat kelas A dan kelas C. Secara umum penguat RF lengkap terdiri dari tiga buah tingkatan, yaitu buffer, driver dan final.

Daya keluaran dari suatu pemancar ditentukan oleh penguat daya RF yang digunakan, sehingga pemancar berdaya kuat akan dapat diperoleh apabila penguat daya RF yang digunakan mampu menghasilkan daya keluaran yang besar.

D. TUGAS

1. Buatlah kelompok diskusi yang terdiri dari 3 siswa.
2. Carilah 2 buah rangkaian penguat daya frekuensi radio (*RF Power Amplifier*) yang komponen utamanya Transistor dan yang satunya lagi Mosfet. (anda dapat mencari di internet).
3. Setelah mendapatkan 2 buah rangkaian yang dimaksud, masing-masing jelaskan proses kerjanya.
4. Buat laporan dari hasil diskusi kelompok tersebut.

E. TES FORMATIF

1. Sebutkan kelas-kelas rangkaian penguat yang anda ketahui !
2. Penguat ini menguatkan seluruh sinyal masukan sehingga sinyal keluaran merupakan salinan asli yang diperbesar amplitudonya. Bekerja dikelas apa penguat ini?
3. Penguat kelas apakah yang efisiensinya dapat mencapai 80% ?
4. Penguat kelas C bagus untuk menguatkan sinyal radio AM atau FM? Berikan alasan singkat !.
5. Apa fungsi rangkaian penyesuai impedansi pada rangkaian penguat RF ?

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

2 ....
....
....
....

3 ....
....
....
....

4 ....
....
....
....

5.3 KEGIATAN BELAJAR 12

A. TUJUAN PEMBELAJARAN :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

Memahami fungsi, kegunaan repeater

B. MATERI

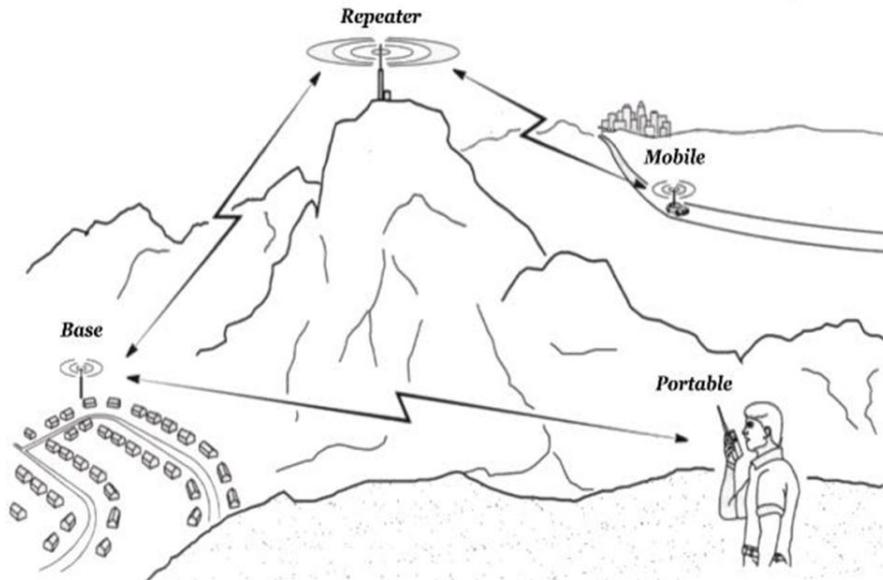
Pengantar

Repeater atau Radio Pancar Ulang (RPU) adalah satu perangkat komunikasi yang berguna untuk memperluas daerah jangkauan komunikasi antar peralatan komunikasi mobile semisal Handy Transceiver (HT) dari yang berjarak pendek hanya beberapa kilometer (Km) menjadi puluhan kilometer.

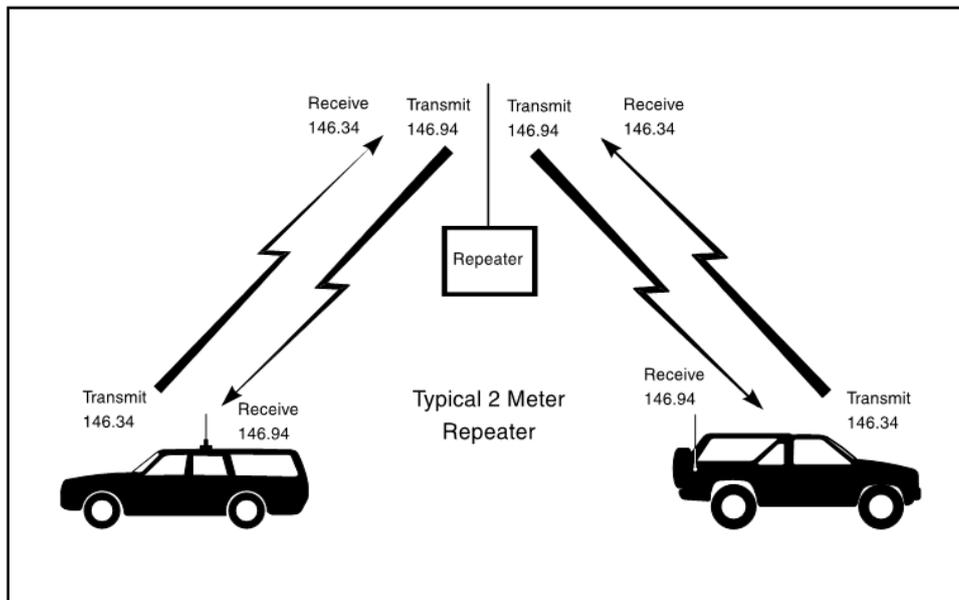
RPU dibuat untuk mempermudah komunikasi antara beberapa orang atau banyak orang dalam komunitas bersangkutan yang berjarak puluhan kilometer bahkan sampai ratusan kilometer hanya dengan menggunakan peralatan komunikasi HT yang digenggam atau RIG yang dipasang di kendaraan. Dengan demikian RPU sangat berguna sekali dalam kelancaran komunikasi antar anggota dalam komunitas tersebut.

RPU biasanya dipasang di tempat yang tinggi, sehingga diharapkan bisa menjangkau daerah yang lebih luas. RPU dapat dipasang di atas gedung bertingkat kalau di perkotaan, atau dapat juga dipasang di gunung-gunung yang masih terjangkau dengan listrik PLN. RPU dapat juga dipasang di pegunungan yang belum ada aliran listrik PLN. Sebagai sumber dayanya menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dengan demikian RPU tetap dapat beroperasi. Hanya saja penggunaan PLTS akan menambah biaya operasional RPU itu sendiri, karena PLTS masih mahal harganya.

Membangun RPU

Ilustrasi komunikasi dengan menggunakan Repeater / RPU seperti gambar dibawah.

Gambar 12.1. Ilustrasi penggunaan RPU

Dari gambar diatas terlihat bagaimana komunikasi terjalin antar anggota komunitas RPU tersebut. Ada yang mempergunakan HT, Base station dan kendaraan yang sedang bergerak. Masing-masing antar mereka bisa berkomunikasi walaupun jaraknya jauh dengan bantuan RPU.

Gambaran penggunaan RPU (Repeater) untuk mobil bergerak dan penggunaan frekuensi kerja RPU seperti terlihat dibawah ini.

Gambar 12.2. Gambaran penggunaan RPU untuk mobil

Untuk membangun sebuah RPU dibutuhkan beberapa komponen pendukung, antara lain :

1. Bagian penerima. Dapat berupa HT maupun RIG
2. Bagian Pemancar. Dapat juga dari HT maupun RIG
3. COR (Carrier Operated Relay)
4. Filter (Cavity Filter)
5. Antena
6. Kabel transmisi
7. Power Supply
8. Tower atau tiang antena

Sebelum merakit sebuah RPU, alangkah baiknya menentukan dulu frekuensi kerja dari RPU tersebut, baik Input (penerimanya) maupun Output (pemancarnya). Hal ini penting untuk menentukan perangkat yang dipakai. Disini termasuk juga pemilihan band VHF maupun UHF.

Sebagai contoh RPU yang dibangun di PPPPTK/VEDC Malang, menggunakan frekuensi kerja 156,900 MHz (sebagai Pemancarnya) dan 159,430 MHz (sebagai penerimanya). Ke dua frekuensi ini memiliki selisih 2,530 MHz, dengan konfigurasi duplek +. Penentuan frekuensi ini juga penting untuk menseting antena nantinya.

1. Bagian penerima

Pada bagian penerima di RPU ini menggunakan perangkat RIG Kenwood TM 241. Pemilihan ini didasarkan atas pengalaman bahwa perangkat ini memiliki kepekaan yang tinggi. Sedangkan untuk membangun RPU dibutuhkan perangkat dengan kepekaan (sensitifitas) dan selektifitas yang tinggi. Gambar perangkat TM241SQ seperti gambar dibawah.

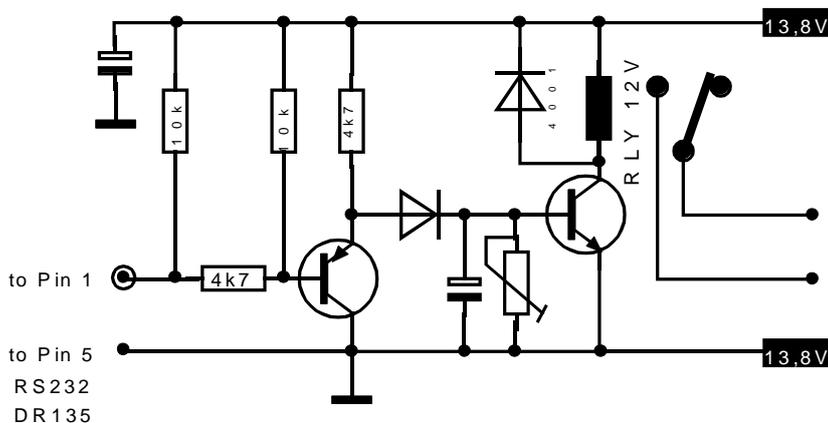
Gambar 12.3. Rig TM-241 SQ

2. Bagian Pemancar

Pada bagian pemancar di RPU menggunakan perangkat RIG Alinco DR135. Pemilihan perangkat ini didasarkan pada harga yang relatif murah dan daya yang sudah cukup untuk mencakup area jangkauan komunikasi yang diinginkan. Gambar perangkat DR135 seperti berikut.

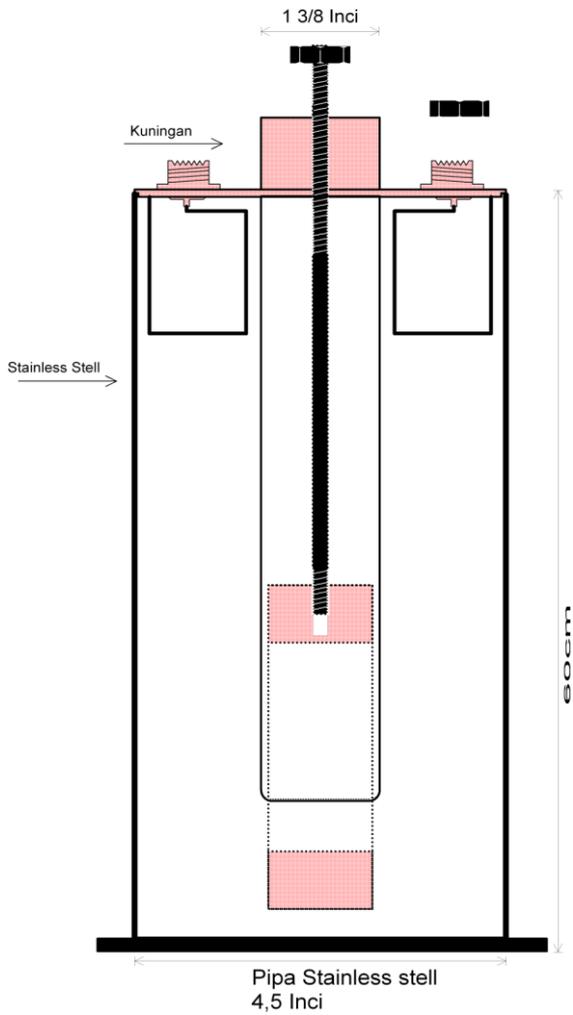
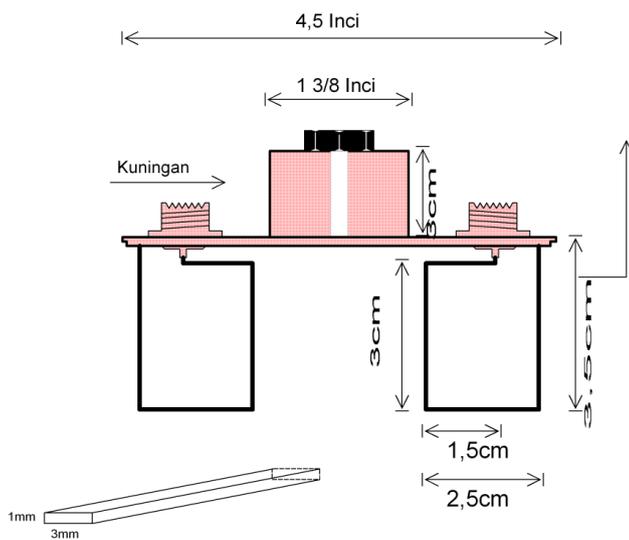
Gambar 12.4. Rig DR-135

3. COR (*Carrier Operated Relay*)

COR merupakan satu perangkat / interface yang penting dalam membangun sebuah RPU. COR berguna untuk menjembatani antara perangkat penerima dan pemancarnya. Suara yang diterima di penerima akan diumpankan ke pemancarnya. Sementara untuk menghidupkan pemancarnya disaat bersamaan ada sinyal masuk ke penerima, menggunakan sinyal carrier dari IF penerima lewat COR yang dimaksud. Contoh rangkaian COR seperti berikut.

Gambar 12.5. Rangkaian COR

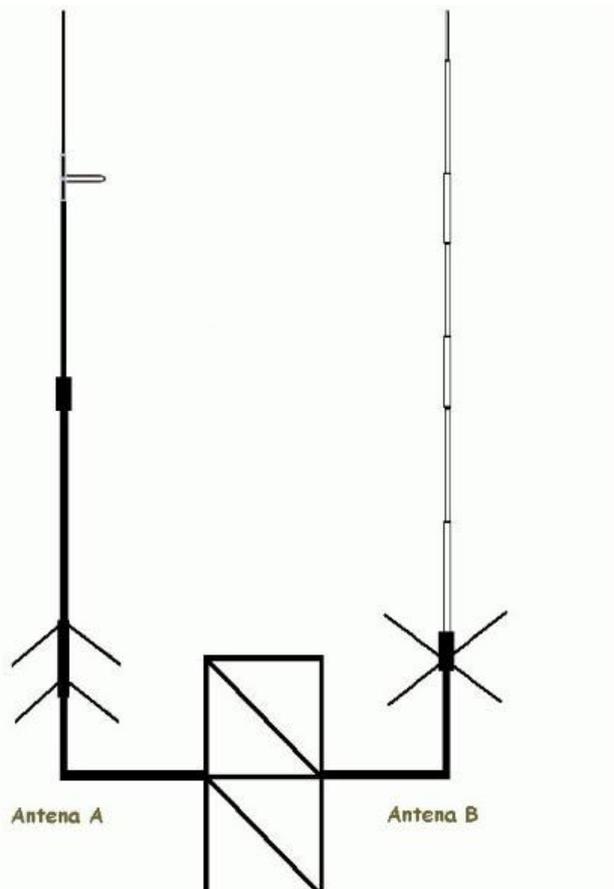
4. Filter (*Cavity Filter*)

Filter yang dimaksud disini adalah Cavity Filter, yang berguna untuk menyaring frekuensi yang diinginkan dan menekan atau menghilangkan frekuensi yang tidak diinginkan. Sehingga frekuensi-frekuensi yang diinginkan saja yang dapat melewati filter ini. Dengan kata lain filter ini disebut Band Pass Filter (BPF). Dengan pemasangan filter ini diharapkan frekuensi dari pemancar RPU tidak mengganggu sinyal penerimaan di penerima RPU. Demikian juga sinyal-sinyal liar yang ada di udara tidak mengganggu sinyal penerimaan pada penerima RPU. Bentuk Cavity filter seperti dibawah.

Gambar 12.6. Cavity Filter

Gambar 12.7. Rancangan Cavity Filter

Gambar 12.8. Bagian tuning Cavity Filter

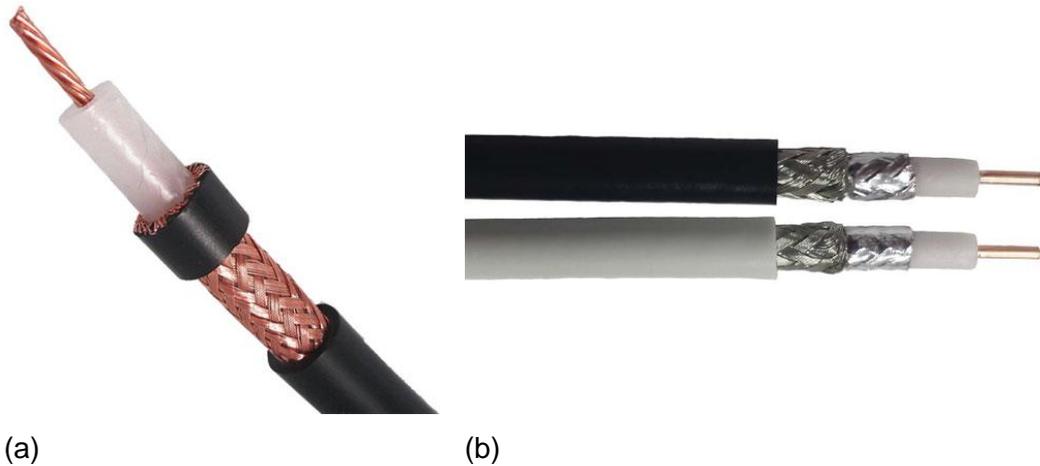
5. Antena

Antena berfungsi sebagai perangkat untuk menerima dan memancarkan sinyal RPU. RPU yang umum yang tidak menggunakan duplexer menggunakan 2 buah antena, untuk penerima dan untuk pemancarnya. Hal pokok yang harus diperhatikan dalam memilih antena adalah gain (penguatan) antena, model antena dan matching antena.

Gambar dibawah menunjukkan contoh antena yang di pakai untuk RPU.

Gambar 12.9. Antena untuk RPU

6. Kabel Transmisi

Kabel transmisi adalah kabel yang digunakan untuk menyalurkan sinyal dari antena ke radio penerima, atau sebaliknya menyalurkan sinyal radio dari perangkat pemancar ke antena. Kabel transmisi disini dapat menggunakan kabel RG8 yaitu kabel standar RF yang sudah cukup untuk digunakan dalam membangun RPU. Gambar kabel RG8 seperti dibawah ini.

(a) (b)

Gambar 12.10. Contoh kabel RG8

Selain model kabel RG8 seperti diatas, masih banyak model kabel transmisi yang dapat digunakan untuk kabel transmisi repeater. Salah satu contohnya adalah kabel heliax. Kabel heliax ini banyak macamnya, jika dilihat dari diameter / besar kabelnya ada ukuran 4/8”, 5/8”, 7/8”, 1 5/8” dan sebagainya. Kabel heliax ini secara teknis dan spesifikasi lebih baik unjuk kerjanya dibanding dengan kabel koaksial RG8, tentunya harganya juga jauh lebih mahal. Walaupun demikian sudah banyak yang mempergunakan untuk kabel transmisi di RPU (Repeater).

Gambar 12.11. Kabel heliax

7. Power Supply

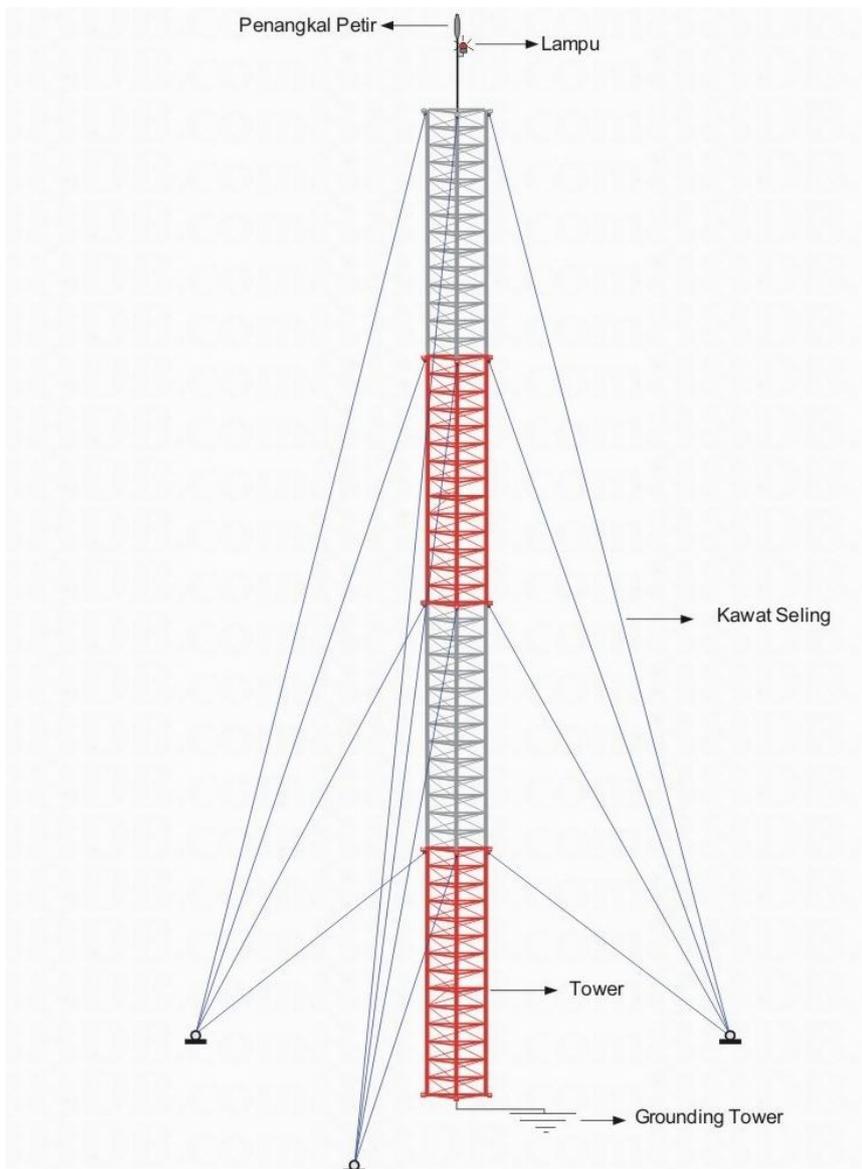
Power Supply adalah perangkat yang berfungsi menyediakan sumber daya untuk RPU. Yang perlu diperhatikan di power supply ini adalah tegangan dan arusnya, yang mumpuni untuk men-supply RPU. Biasanya dibutuhkan tegangan power supply 13,8V dengan arus 30A. Ini sudah cukup untuk membuat RPU bekerja dengan maksimal. Gambar power supply seperti berikut.

Gambar 12.12. Power Supply Linier

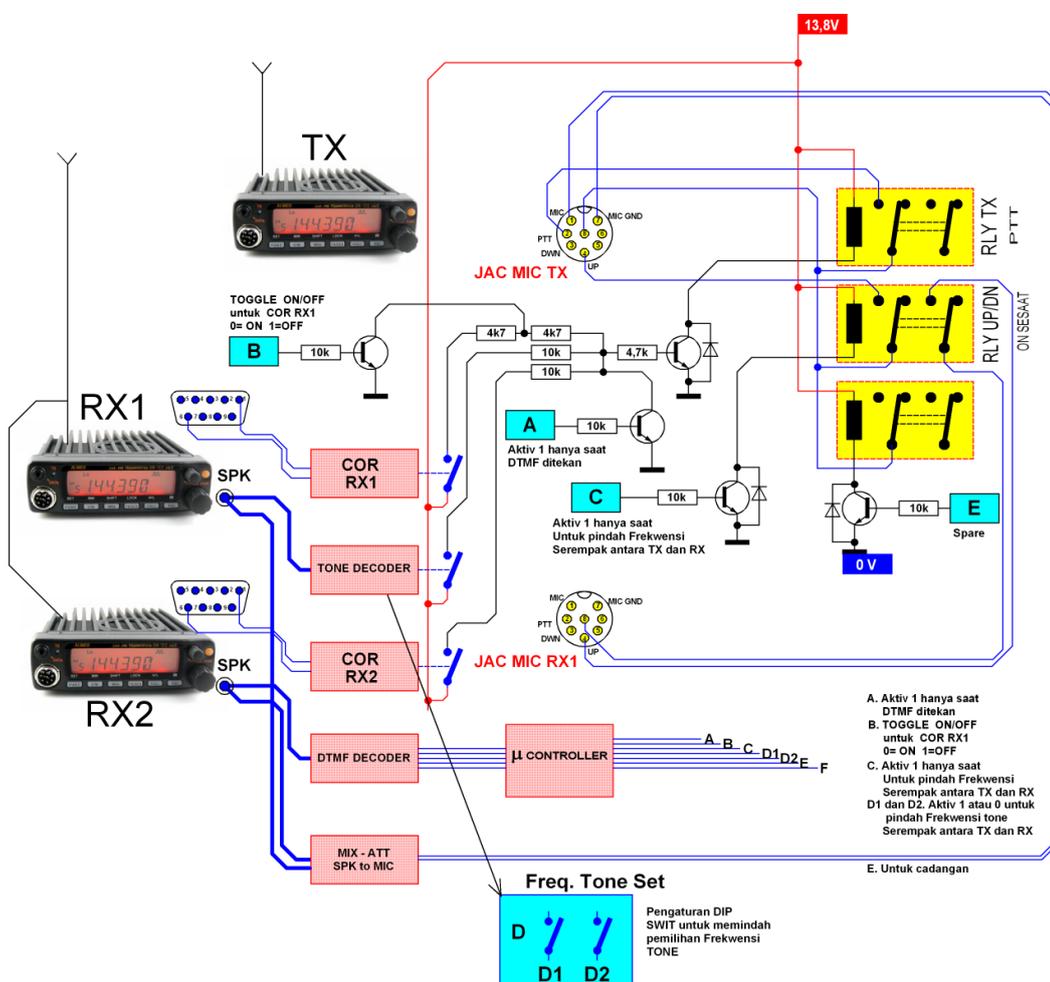
Gambar 12.12 diatas adalah contoh power supply linier, yaitu power supply yang menggunakan transformator untuk penurun tegangan dari 220V-AC. Efisiensi power supply ini rendah, maksimum sekitar 50%. Karena penggunaan RPU yang hampir setiap saat, maka diperlukan suatu power supply yang mempunyai efisiensi yang tinggi. Pilihannya jatuh ke power supply switching. Power supply switching ini menawarkan efisiensi yang tinggi, hampir bisa mencapai 90%. Contoh power supply switching seperti gambar dibawah.

Gambar 12.13. Power supply switching

8. Tower atau Tiang Antena

Tower atau tiang antena sangat berperan penting dalam membangun RPU. Semakin tinggi antena dapat di tempatkan, maka semakin jauh juga jangkauan RPU nya. Semakin rendah antena maka jangkauan RPU juga akan semakin terbatas. Dibutuhkan biaya yang besar jika RPU ditempatkan di perkotaan, karena membutuhkan tiang antena yang tinggi. Namun demikian tiang antena juga dapat ditempatkan di atas gedung bertingkat.

Gambar 12.14. Contoh tower segitiga

Radio Pancar Ulang (RPU) terbukti sangat berperan sekali dan sangat besar gunanya untuk berkomunikasi, terutama untuk koordinasi saat ada kegiatan-kegiatan yang melibatkan banyak orang. Komunikasi akan lebih lancar dan biaya yang murah, karena tidak membutuhkan pulsa sebagaimana jika menggunakan alat komunikasi lain semisal memakai Handphone (HP).

Walaupun demikian menggunakan RPU tetap mempunyai kelemahan-kelemahan, antara lain jangkauan yang terbatas, masing-masing anggota harus membawa perangkat komunikasi genggam (HT), keterbatasan sumber daya di HT (baterai) jika digunakan terus-menerus akan cepat habis.

Gambar 12.15. Contoh rangkaian kontrol repeater

C. RANGKUMAN

Repeater atau Radio Pancar Ulang (RPU) adalah satu perangkat komunikasi yang berguna untuk memperluas daerah jangkauan komunikasi antar peralatan komunikasi mobile semisal Handy Transceiver (HT) dari yang berjarak pendek hanya beberapa kilometer (Km) menjadi puluhan kilometer.

RPU biasanya dipasang di tempat yang tinggi, sehingga diharapkan bisa menjangkau daerah yang lebih luas. RPU dapat dipasang di atas gedung bertingkat kalau di perkotaan, atau dapat juga dipasang di gunung-gunung yang masih terjangkau dengan listrik PLN.

Sebelum merakit sebuah RPU, alangkah baiknya menentukan dulu frekuensi kerja dari RPU tersebut, baik Input (penerimanya) maupun Output (pemancarnya). Hal ini penting untuk menentukan perangkat yang dipakai. Disini termasuk juga pemilihan band VHF maupun UHF.

Untuk membangun RPU terutama untuk bagian penerimanya dibutuhkan perangkat dengan kepekaan (sensitifitas) dan selektifitas yang tinggi.

COR merupakan satu perangkat / interface yang penting dalam membangun sebuah RPU. COR berguna untuk menjembatani antara perangkat penerima dan pemancarnya. Suara yang diterima di penerima akan diumpankan ke pemancarnya. Sementara untuk menghidupkan pemancarnya disaat bersamaan ada sinyal masuk ke penerima, menggunakan sinyal carrier dari IF penerima lewat COR yang dimaksud.

Filter yang dimaksud disini adalah Cavity Filter, yang berguna untuk menyaring frekuensi yang diinginkan dan menekan atau menghilangkan frekuensi yang tidak diinginkan.

Antena berfungsi sebagai perangkat untuk menerima dan memancarkan sinyal RPU. RPU yang umum yang tidak menggunakan duplexer menggunakan 2 buah antena, untuk penerima dan untuk pemancarnya.

Kabel transmisi adalah kabel yang digunakan untuk menyalurkan sinyal dari antena ke radio penerima, atau sebaliknya menyalurkan sinyal radio dari perangkat pemancar ke antena.

Power Supply adalah perangkat yang berfungsi menyediakan sumber daya untuk RPU. Yang perlu diperhatikan di power supply ini adalah tegangan dan arusnya, yang mumpuni untuk men-supply RPU.

Tower atau tiang antena sangat berperan penting dalam membangun RPU. Semakin tinggi antena dapat di tempatkan, maka semakin jauh juga jangkauan RPU nya. Semakin rendah antena maka jangkauan RPU juga akan semakin terbatas.

D. TUGAS

1. Bentuk satu kelompok yang terdiri dari 3 siswa.
2. Siapkan pesawat transceiver VHF (HT/RIG).
3. Atur frekuensinya sehingga mendapatkan satu frekuensi dari salah satu repeater yang ada. Catat frekuensinya.
4. Carilah informasi dimana letak frekuensi inputnya. Hitunglah selisih frekuensi repeater tersebut antara input dan outputnya. Catat hasilnya !
5. Ulangi langkah 3 dan 4 untuk frekuensi repeater yang berbeda !

E. TES FORMATIF

1. Satu perangkat komunikasi yang berguna untuk memperluas daerah jangkauan komunikasi antar peralatan komunikasi mobile disebut ....
2. Kenapa Repeater atau RPU biasanya dipasang di tempat yang tinggi ? Jelaskan dengan singkat !
3. Apa yang harus ditentukan sebelum merakit sebuah RPU ?
4. Kenapa pada umumnya RPU menggunakan 2 buah antena, Jelaskan !
5. Apa keuntungan menggunakan power supply switching dibandingkan power supply linier ?

F. LEMBAR JAWAB TES FORMATIF

1 ....
....
....
....

Daftar Pustaka

ARRL Amateur Radio. 2001. *The ARRL Hand Book For Radio Amateurs*. Newington. USA.

ARRL Amateur Radio. 2003. *The ARRL Antenna Book*. Newington. USA.

Gunawan Putu Nopa, *Modulasi Digital (ASK, FSK, PSK) dan Multiple Access (TDMA, FDMA dan CDMA)*, Paper, Tidak dipublikasikan, Makasar, 2012

Hallas Joel R, *Basic Antennas*, ARRL The National Association for Amateur Radio, Newington USA, 2009

Karim A, *Teknik Penerima dan Pemancar Radio*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 1993

Kusmiadi, Tatang, Drs. 2013. *Pelatihan Telematika Senkom Polri*. Makalah tidak diterbitkan. Malang.

Nugroho Sapto dan Sasongko Dwi P, *Rancang Bangun Penguat Daya RF*, Journal Berkala Fisika Vol 6 Nomor 3, Undip Semarang, 2003.

Silver H. Ward, *The ARRL Hand Book For Radio Communications*, ARRL The National Association for Amateur Radio, Newington USA, 2011

Suhana dan Shoji Shigeki, *Buku PeganganTeknik Telekomunikasi*, Cetakan ke-6, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1994

Tri Karyadi, *Pengembangan Fungsi Personal Computer (PC) Sebagai Radio Komunikasi 11 Meter Band*, Makalah seminar, Tidak dipublikasikan, Semarang, 2002.

Widiharso, *Proyek Pembuatan Repeater, Scrambler dan Paket Data Radio*, Modul pelatihan Tidak dipublikasikan, Malang, 2011.

Wilson Mark J, *The ARRL Hand Book For Radio Communications*, ARRL The National Association for Amateur Radio, Newington USA, 2007.